XM
.E5

Vol. 27
1880-81

THE • NEW • YORK • BOTANICAL • GARDEN
PRO SCIENTIA SALUTE POPULIQUE
1891
LIBRARY

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Tome vingt-septième.

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

GENÈVE
IMPRIMERIE CHARLES SCHUCHARDT
RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

1881

.E5
v. 27
1880-81

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

TOME XXVII. — PREMIÈRE PARTIE

GENÈVE
IMPRIMERIE CHARLES SCHUCHARDT
RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

1880

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

RAPPORT

DU

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

POUR

L'ANNÉE 1879

PAR

M. le Prof. L. SORET

Messieurs,

En quittant la présidence que vous m'aviez fait l'honneur de me confier pour la seconde fois, je suis appelé à vous rendre compte aujourd'hui de la marche de la Société de Physique et d'Histoire naturelle pendant l'année qui vient de finir. Je commencerai par vous entretenir de ce qui concerne l'administration et le personnel de la Société; puis je chercherai à résumer brièvement les travaux scientifiques qui ont rempli nos séances.

AUG 7 - 1923

PERSONNEL ET ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ

M. Philippe Plantamour a été proclamé Vice-Président pour l'année 1879 et Président pour 1880.

M. Édouard Sarasin a continué à remplir avec son exactitude habituelle l'office de Secrétaire des séances, chargé principalement de la rédaction des procès-verbaux.

M. le prof. Marignac, qui depuis 35 années était Secrétaire-correspondant de notre Société, a désiré d'être déchargé de ces fonctions dont il s'était constamment acquitté avec soin, conscience et dévouement. Présider à tout ce qui concerne les rapports de notre Association avec d'autres Sociétés, à l'échange des publications, à l'impression de nos Mémoires, constitue une lourde tache, et M. Marignac a tous les droits à notre reconnaissance pour avoir si longtemps consenti à en supporter le poids.

M. Aloïs Humbert a été appelé à succéder à M. Marignac; nous le remercions d'avoir bien voulu accepter cet office, sans contredit le plus important dans l'administration de notre Société.

L'élection de M. Ph. Plantamour comme Président a entraîné son remplacement comme Trésorier par M. le colonel E. Gautier.

Le Comité de Publication a été composé, outre les membres du Bureau, de MM. Casimir de Candolle, Ernest Favre, Marignac et Schiff. Il a fait paraître la deuxième partie du Tome XXVI de nos Mémoires contenant la suite des Recherches de M. le prof. Fol sur la fécondation, ainsi que des travaux de MM. de Saussure, Lunel et C. de Candolle sur lesquels j'aurai à revenir plus bas.

M. James Crafts, M. le prof. Græbe et M. Albert-Auguste Rilliet ont été élus membres ordinaires de la Société. M. le prof. Langley, des États-Unis, a été nommé membre honoraire, et MM. Émile Boissier et H. Bouthillier de Beaumont sont venus grossir le nombre de nos Associés libres.

Nous avons le douloureux regret de constater la perte que nous avons faite de deux membres ordinaires de notre Société, M. Antoine Morin et M. Édouard Pictet-Mallet.

Antoine Morin né à Genève le 15 mai 1800, dut à l'active sollicitude de son père une forte instruction. Élève de l'Académie de Genève, il y étudia les lettres, les mathématiques et surtout les sciences naturelles vers lesquelles ses goûts le portaient. Des voyages achevèrent de le former et lui permirent de se familiariser avec les langues italienne, anglaise et allemande. Il passa ensuite trois années à Strasbourg comme élève de Nestler, pharmacien distingué auquel de Candolle l'avait recommandé. De là il se rendit à Paris, où avec l'appui d'un des administrateurs des Glaces de St-Gobain, M. Turretin, dont il devait plus tard épouser la nièce, il entra à la Pharmacie centrale; puis il devint préparateur de Clément-Desormes, et obtint à cette époque des prix dans divers concours.

En 1825 il revint à Genève et s'associa à Jean-Antoine Colladon, auquel il ne tarda pas à succéder dans la direction consciencieuse et intelligente d'une pharmacie en renom.

Il entra en 1827 dans la Société de Physique et d'Histoire naturelle dont il devint un membre assidu. Il lui communiquait ses travaux qui ont porté tantôt sur la chimie pure, tantôt sur les applications de cette science à la biologie, la médecine ou l'industrie, tantôt enfin sur des questions physiologiques étudiées en collaboration avec le Dr Prevost. Nous donnerons plus bas la liste de ses Mémoires scientifiques.

En 1832 il devint membre de la Société des Arts, et fut plus d'une fois appelé de présider la Classe d'Industrie, à laquelle il fit de nombreuses communications relatives à des sujets intéressant l'industrie genevoise, telles que des travaux sur les métaux précieux, sur les combustibles employés dans le bassin du Léman, etc. A plusieurs reprises il fit des cours à la Société des Arts ou à l'Académie.

Les recherches scientifiques et les occupations professionnelles sont loin d'avoir absorbé toute l'activité de Morin; mais nous sortirions des

limites qui nous sont imposées en nous étendant ici sur le rôle qu'il a joué comme citoyen ardemment attaché à sa patrie, sur les études qu'il a consacrées aux questions électorales et plus encore à l'histoire de son pays. Bornons-nous à citer dans cet ordre de publications, son ouvrage important, intitulé : *Précis de l'histoire politique de la Suisse.*

Morin a eu de grandes épreuves dans sa vie. En 1854, il perdit un fils sur lequel il pouvait fonder les plus douces espérances et qui déjà participait à ses travaux. Ce coup cruel le découragea, dans une certaine mesure, de ses occupations jusque-là favorites, et c'est à partir de cette époque qu'il s'adonna de préférence aux questions politiques et historiques; il renonça à la direction de sa pharmacie, l'abandonnant à son neveu Pyrame Morin, qu'il eut aussi le chagrin de perdre prématurément.

Depuis 1876, Antoine Morin sentit ses forces décliner rapidement; néanmoins sa santé n'inspirait pas d'inquiétude à sa famille et à ses amis, et rien ne pouvait faire prévoir la mort presque subite qui mit un terme à sa belle et sereine vieillesse: c'est le 2 août 1879 qu'il expira.

Nous avons perdu en lui un collègue toujours affable dévoué à tout ce qu'il pensait être utile à la science et à son pays; nos regrets l'accompagnent dans sa dernière demeure.

Liste des travaux scientifiques d'Antoine Morin.

1828. Mémoire sur le chlorure de chaux. *Annales de chimie*, t. XXXVII, p. 139.
Mémoire sur l'essai du chlorure par le muriate de manganèse. *Bibliothèque Universelle*, Sc. et Arts, t. XXXVIII, p. 140.
1829. Mémoire sur l'action du chlore sur l'hydrogène bicarboné. *Ann. de Chimie*, 1830, t. XLIII, p. 225.
1832. Mémoire sur un gaz hydrogène carboné nouveau. *Mémoires de la Soc. de Phys.*, t. I, p. 347. *Ann. de Chimie*, t. XLIX, p. 311.
1835. Analyse de l'eau minérale sulfureuse de Chamounix. *Journal de Pharmacie*, t. XXI, p. 65.
1836. Mémoire sur la constitution des urines, *Ann. de Chimie*, t. LXI, p. 5.
1838. Note sur une analyse d'urine. *Mém. Soc. Phys.*, t. VIII, p. 335. *Journal de Pharm.*, t. XXIV, p. 261.
1839. Note sur la précipitation de l'or. *Bulletin de la Classe d'Industrie de Genève*, n° 23. *Journal de Pharm.*, 1840, t. XXVI, p. 104.

Des soudures en général et des soudures d'or et d'argent en particulier. *Bull. Classe Indust.*, n° 24.

Note sur l'inflammabilité des tissus. *Bull. Classe Indust.*, n° 29. *Journal de Pharm.*, 1841, t. XXVII, p. 296.

1841. Note sur les combustibles employés dans le bassin du Léman et sur leur valeur calorifique. *Bull. Classe Indust.*, n° 30.

1850. Deuxième Mémoire. *Bull. Classe Indust.*, n° 47.

1842. Notes relatives à l'empoisonnement par l'acide hydrocyanique. *Journal de Pharm.*, t. II, p. 194 et 287.

1843. Sur la constitution des urines. *Journal de Pharm.*, t. III, p. 351.

1845. Sur les dilutions homéopathiques. *Journal de Pharm.*, t. VIII, p. 190.

1851. Note sur la recherche de l'arsenic appliquée à la médecine légale. *Journal de Pharm.*, t. XIX, p. 128.

1851. Note relative aux apparences microscopiques des cheveux humains et des poils d'animaux. *Journal de Pharm.*, 1852, t. XXII, p. 251. — *Mém. Soc. Phys.*, t. XIII, p. 175.

Expériences sur la perméabilité des membranes par les substances nutritives. *Journal de Pharm.*, 1853, t. XXIII, p. 10.

1852. Nouvelles expériences sur la perméabilité des vases poreux et des membranes desséchées par les substances nutritives. — *Mém. Soc. Phys.*, 1854, t. XIII, p. 251. *Journ. de Pharm.* 1853, t. XXIV, p. 100.

1853. Observations sur le lait. *Journ. de Pharm.*, 1854, t. XXV, p. 423.

1871. Matière gélatiniforme, albuminose, exalbumine, galactine. *Mém. Soc. Phys.*, 1872, t. XXI, p. 229. *Journ. de Pharm.*, 1871, t. XIV, p. 11.

En commun avec le Dr J.-L. PREVOST.

1840. Recherches physiologiques et chimiques sur la nutrition du fœtus. *Mém. Soc. Phys.*, 1841, t. IX, p. 235. *Journ. de Pharm.*, 1842, t. II, p. 304.

1843. De la digestion chez les herbivores. *Journ. de Pharm.*, t. III, p. 341.

1845. De la nutrition dans l'œuf. *Journ. de Pharm.*, 1846, t. IX, p. 249 et 321.

ÉDOUARD PICTET-MALLET a été enlevé dans la fleur de l'âge et c'est de bien près qu'il a suivi dans la tombe son père, notre éminent et regretté collègue, F.-J. Pictet-de la Rive : cruel rapprochement qui au chagrin d'une perte nouvelle et frappante a ajouté, en les ravivant, la tristesse de douloureux souvenirs !

Édouard Pictet naquit à Genève le 10 juin 1835 ; il reçut l'enseignement classique, d'abord sur les bancs du Collège, où son intelligence et sa faci-

lité lui valurent des succès, puis à l'Académie dont les cours achevèrent de développer chez lui les goûts scientifiques qui lui avaient déjà été inoculés au foyer paternel. Il se voua à l'entomologie et commença de bonne heure les collections de lépidoptères d'Europe et de névroptères qu'il n'a cessé dès lors de compléter et d'étendre, en sorte qu'elles comptent au premier rang parmi celles que l'on cite en Europe.

Pictet termina ses études à Paris et fit de fréquents voyages dans d'autres grandes villes. Les montagnes de la Suisse l'attiraient plus souvent encore; il y trouvait un aliment à ses goûts d'histoire naturelle comme à son penchant passionné pour les exercices du corps, dans lesquels il excellait par sa force et son adresse; il se signala comme un intrépide ascensionniste des cimes alpestres.

Mais son voyage scientifique le plus intéressant fut celui qu'il fit en Espagne en 1859; il y enrichit ses collections d'une moisson abondante et rapporta les matériaux d'un important ouvrage qui lui coûta plusieurs années de labeur. Nous voulons parler de son *Synopsis des névroptères de l'Espagne*, belle publication qu'il fit paraître à Genève en 1865. L'Espagne, par sa position géographique méridionale, présente un intérêt tout spécial pour le naturaliste qui y rencontre un grand nombre d'espèces particulières, les unes établissant le lien entre les faunes d'Europe et d'Afrique, les autres formant des types isolés que l'on pourrait considérer comme les restes d'une faune ancienne presqu'entièrement disparue, dont quelques traces se retrouvent aussi aux îles Canaries et au cap Vert. Quoique les névroptères d'Espagne eussent déjà été étudiés avec beaucoup de soin par Rambur, Pictet a néanmoins réussi à ajouter à celles que l'on connaissait un assez grand nombre d'espèces dont plusieurs étaient nouvelles et sont probablement spéciales à la péninsule. L'exécution admirable des planches du Synopsis, dessinées par Nicolet, ajoutent un attrait de plus aux autres mérites de l'ouvrage.

L'auteur avait donné la primeur de ce travail à la Société de Physique et d'Histoire naturelle qui, à cette occasion, le reçut au nombre de ses membres.

Plus tard, sans abandonner ses études entomologiques, Pictet fut entraîné par diverses circonstances dans une voie scientifique d'un ordre différent. Il y a quelques années, sur la proposition de M. le prof. Plantamour, une Commission mixte, nommée par notre Société et par la Société vaudoise des Sciences naturelles, fut chargée d'une série d'études sur le lac de Genève, comprenant les questions géographiques et physiques aussi bien que zoologiques et botaniques. Pictet ne tarda pas à entrer dans cette Commission et entreprit l'étude topographique du fond du lac, dans la partie voisine de Genève. Il était dans des conditions favorables pour mener à bien un travail de cette nature: comme officier dans l'arme du génie, il s'était déjà familiarisé avec l'usage des instruments de géodésie; son habitation d'été à Genthod le mettait à portée du lac dont il connaissait bien la navigation. Mais il avait à surmonter les difficultés inhérentes à des opérations de ce genre si l'on veut y apporter une grande précision; en effet, le géomètre ne peut plus ici placer ses instruments sur un sol ferme et solide, il est obligé d'opérer sur une embarcation que le vent et les courants déplacent tandis qu'il jette ou retire la sonde; un orage, des vagues qui surgissent, un brouillard qui s'élève, suspendent les mesures et les rendent impossibles. — Ces obstacles excitèrent Pictet, qui ne négligea rien pour assurer le succès; il fit même des voyages à Paris et à Londres dans le but d'étudier les procédés et les instruments les plus propres aux sondages et à la triangulation nautique.

Ce travail de longue haleine aboutit à la publication d'une très belle carte de l'extrémité occidentale du lac, à l'échelle de $^1/_{12,000}$, donnant de 5 en 5 mètres les courbes du niveau du fond. L'hiver dernier, comme complément, Pictet avait fait exécuter un relief du fond du lac, obtenu en superposant un grand nombre d'exemplaires de sa carte, imprimés sur carton d'épaisseur convenable, et en découpant chacun de ces exemplaires suivant l'une des courbes du niveau. Il avait annoncé son intention de nous montrer ce relief sur le point d'être terminé; mais la maladie et la mort sont survenues et c'est sans lui que nous avons dû, dans une séance toute récente, admirer cette œuvre presque posthume.

Nous avons rappelé tout à l'heure que Pictet était officier du génie : il a consacré beaucoup de temps à ces fonctions; son intelligence, sa capacité, ainsi que la connaissance théorique et pratique des armes à feu, lui permirent de se rendre fort utile au corps dont il faisait partie.

Il sut encore servir sa patrie dans un autre champ d'action : les ardentes luttes politiques de notre pays prirent une grande part dans sa vie. Toujours sur la brèche lorsqu'il y avait à déployer de l'énergie et du courage, se mettant en arrière et gardant le second rang quand il aurait pu prétendre à des fonctions publiques élevées, il a réussi à se concilier, au milieu des passions opposées, une popularité vraie et de bon aloi, celle que gagnent la bravoure, l'absence d'ambition personnelle, la chaleur du cœur, la noblesse du caractère. Un de ses amis l'a dit : « La mort « désarme les inimitiés; mais pour lui, Édouard Pictet, ce qui a désarmé « les inimitiés, ce n'est pas sa mort, c'est sa vie. »

Aussi le deuil a-t-il été général quand, le 15 mai dernier, Pictet succomba à une pleurésie que n'avaient pu vaincre ni les secours de l'art ni sa robuste constitution. Nous nous sommes joints à ce deuil, nous nous sommes associés à la douleur d'une famille cruellement éprouvée, dont trois générations successives ont eu leurs représentants dans notre Société [1].

J'ai encore à signaler la perte que nous avons faite en la personne du professeur Paolo Volpicelli, de Rome, membre honoraire de notre Société depuis 1859.

Né en 1804, Volpicelli se voua aux sciences exactes. Il fut successivement professeur de géométrie à l'hospice St-Michel, professeur de physique et de chimie au Séminaire pontifical romain, puis suppléant et

[1] Nous ne parlons ici que d'une branche de la famille Pictet, celle à laquelle appartenait le professeur Pictet-Baraban, père de Pictet-de la Rive et grand-père de Pictet-Mallet. L'illustre physicien Marc-Auguste Pictet était d'une autre branche, ainsi que notre collègue actuel, M. le prof. Raoul Pictet.

plus tard successeur de Barlocci à la chaire de physique expérimentale de l'Université de Rome. Pendant de longues années, il remplit les fonctions de secrétaire de l'Académie des *Nuovi Lincei*.

Travailleur infatigable, il a publié un très grand nombre de Mémoires sur divers sujets de mathématique et de physique, particulièrement sur la théorie de l'électricité par influence.

Volpicelli était personnellement connu et aimé de la plupart des membres de notre Société; par deux fois il avait fait des séjours à Genève, et plusieurs d'entre nous n'ont point oublié l'aimable accueil qu'ils ont trouvé à Rome auprès de lui. Il est mort à la suite d'une courte maladie le 14 avril 1879.

Les tristes événements que je viens de rappeler ramènent inévitablement notre pensée sur les autres vides que dans ces dernières années la mort a multipliés dans nos rangs; ils provoquent notre affliction, mais ils ne doivent pas nous décourager. Notre œuvre, l'œuvre à laquelle ceux que nous avons perdus ont travaillé avec ardeur, ne tombe ni ne périclite; le culte des sciences dans notre pays se transforme peut-être, mais il ne s'attiédit pas. Pour s'en convaincre il suffit de jeter un coup d'œil sur le mouvement scientifique qui s'est manifesté à Genève pendant cette année.

Notre Université prospère et se développe; le nombre des étudiants qui la fréquentent a subi une forte augmentation dans presque toutes les Facultés. En particulier l'École de Médecine, de création pourtant très récente, a suivi une marche rapidement progressive. Elle compte aujourd'hui plus d'une centaine d'élèves et l'on parle déjà de l'insuffisante dimension d'une partie de ses salles d'étude.

Le nouveau et splendide bâtiment destiné à la Chimie a été terminé cet automne et l'on a inauguré ses beaux laboratoires pourvus de tout ce que peuvent réclamer les besoins de la science moderne. A peine achevés, ces laboratoires se sont peuplés d'élèves, spécialement dans la catégorie de ceux qui sont déjà avancés dans la science.

Les locaux du principal bâtiment de l'Université qui étaient précédemment consacrés à la chimie et qui étaient devenus disponibles ont été affectés aux laboratoires de nos collègues MM. les prof. Fol et Raoul Pictet, pour lesquels il a récemment été créé des chaires nouvelles.

Un autre établissement de l'Instruction publique, l'Observatoire, a reçu un développement considérable. L'État l'a agrandi de manière à l'approprier au service toujours plus étendu de la vérification des chronomètres. Mais le progrès le plus important a été l'installation de la grande lunette équatoriale dont M. le prof. Plantamour a doté l'Observatoire. Cette lunette, construite par la Société genevoise pour la construction d'instruments de physique, est munie d'un objectif de Merz de 300 millimètres d'ouverture et de $3^{m},80$ de longueur totale; la monture est d'une forme assez spéciale et le mouvement de rotation de l'axe polaire est produit par un courant d'eau sous pression constante actionnant une turbine de bronze. L'instrument est placé dans une tour séparée supportant une coupole cylindrique en fer de 7^{m} de diamètre. M. le prof. Plantamour a pris à sa charge tous les frais de construction de l'instrument lui-même aussi bien que du bâtiment qui le contient : je suis certain d'être votre interprète à tous, Messieurs, en présentant à notre généreux collègue l'expression d'une gratitude que partagent tous les amis de la science.

Nous ne pouvons manquer de parler ici de l'ouverture de l'École municipale d'horlogerie. Outre l'enseignement professionnel et pratique, cette institution pourvoit à l'enseignement théorique, et contient un laboratoire de chimie et un cabinet de physique dirigés par notre collègue M. Rilliet. L'une des salles de cours, pouvant contenir trois à quatre cents auditeurs, est particulièrement destinée aux conférences publiques de la « Fondation Bouchet. » C'est là, pour un quartier qui en était précédemment privé, un foyer d'instruction populaire attirant, comme la salle de l'Aula à l'Université, un public toujours très nombreux.

Les autres établissements scientifiques municipaux prospèrent également. Le Musée d'Histoire naturelle continue à s'étendre. Quant à la

Bibliothèque publique, qui intéresse tout spécialement notre Société, puisque les publications que nous recevons par voie d'échange y sont accumulées, nous avons à signaler la remarquable collection de « Voyages » dont son catalogue s'est enrichi. Ces ouvrages, trop coûteux ou trop étendus pour trouver place dans beaucoup de bibliothèques particulières, sont d'une utilité incontestable pour diverses branches scientifiques.

Dans son Rapport de l'année dernière, M. le prof. Wartmann nous parlait déjà de la formation d'une Société de Chimie genevoise. Cette Société, dont le but ne se distingue du nôtre que par la spécialisation des travaux, s'est développée et a affirmé son activité dans un Bulletin de ses séances que publient les *Archives des sciences physiques et naturelles.*

Une autre Association, de création récente aussi, et dont l'objet est de venir pécuniairement en aide à la science et aux arts, a fait à la Société des Arts un don de nature à nous profiter. Il s'agit de l'installation dans l'Athénée, où se tiennent nos séances, d'un moteur à gaz, d'une machine de Gramme et d'instruments pour la projection par la lumière électrique. Ces appareils pourront nous être fort utiles en facilitant beaucoup d'expériences et de démonstrations.

Parmi les événements scientifiques de l'année dernière nous ne pouvons enfin passer sous silence la réunion à Genève de l'Association géodésique internationale qui a amené dans nos murs plusieurs savants d'un haut mérite. Leurs séances officielles très sérieuses et très nourries ont excité un vif intérêt. Grâce au concours de l'État, de la Ville de Genève et de quelques amis des sciences, grâce aux brillantes réceptions de MM. Émile et Philippe Plantamour, cette réunion a pris le caractère d'une véritable fête.

Il me reste, Messieurs, à rechercher la part que notre Société a prise dans ce mouvement scientifique national dont je viens d'indiquer quelques traits : c'est ce qui fera l'objet de la seconde partie de ce Rapport, dans laquelle je vais rappeler brièvement les travaux qui ont occupé nos séances.

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

Astronomie et Géodésie.

M. le prof. *E. Plantamour* a présenté à la Société le résumé des opérations destinées à déterminer la longitude relative de Genève et Strasbourg d'une part, et de Genève et Munich d'autre part. La première de ces déterminations, faite en commun par M. Plantamour et M. Löw, a donné $6^m27^s,934$ pour la différence de longitude de l'Observatoire de Genève et de la Citadelle de Strasbourg (point trigonométrique de M. Villarceau). Le mémoire faisant partie des publications de la Commission géodésique suisse, contient la description de l'altazimut que M. Plantamour a fait établir à ses frais à l'Observatoire de Genève. — Le second de ces travaux, exécuté en collaboration avec le colonel von Orff, a donné $21^m49^s,358$ pour la différence de longitude entre les Observatoires de Genève et de Bogenhausen près Munich. Le mémoire, publié également par la Commission suisse, renferme une intéressante discussion des causes d'erreur inhérentes à l'emploi des lunettes brisées. Ajoutons que les mesures directes faites entre Strasbourg et Munich ont complété le triangle, qui s'est trouvé *fermé* à $^1/_{200}$ de seconde près.

M. le colonel Gautier nous a communiqué les résultats d'un travail de son fils, M. *Raoul Gautier*, sur la deuxième comète périodique de Tempel. Les éléments en ont été calculés et la durée de révolution qui en résulte est de 2192,3 jours[1].

M. *Philippe Plantamour* a poursuivi ses observations sur les mouvements périodiques du sol accusés par les niveaux à bulle d'air. Il a constaté à Sécheron, dans la direction de l'Est à l'Ouest, une oscillation annuelle dont l'amplitude a été de $28'',08$, accompagnée d'un mouvement diurne qui n'a pas dépassé $3'',2$. Ces déplacements paraissent être déterminés par la température extérieure. Dans la direction du Nord au Sud les mouvements ont été beaucoup plus faibles[2].

[1] Voyez *Archives des Sc. phys. et nat.*, mars 1879.
[2] Voyez *Archives*, décembre 1879.

Physique terrestre et Météorologie.

Le phénomène des *Seiches* et des variations de niveau de notre lac a été l'objet de plusieurs communications.

M. *Philippe Plantamour* a signalé la hauteur exceptionnelle des eaux pendant la première partie du mois de janvier 1879. Le 9 de ce mois le niveau a atteint la cote de 1m,67, dépassant de 40 centimètres le chiffre des plus hautes eaux d'hiver depuis 1855, dépassant même de 7 centimètres le maximum des hautes eaux de l'été 1858.

M. Philippe Plantamour, en second lieu, a lu une notice relative à l'influence du cyclone du 20 février sur le niveau et les oscillations rythmiques du lac. La différence du niveau entre Genève et Morges a atteint 10 à 12 centimètres, non pas sous l'influence de la différence de pression barométrique générale, mais sous l'action du vent qui a produit une dépression momentanée à l'extrémité occidentale du lac; l'équilibre s'est rétabli par une longue suite d'oscillations de balancement[1].

M. le prof. *F.-A. Forel* a donné la description de certaines seiches qui se manifestent fréquemment à Sécheron, plus rarement à Morges, et qu'il désigne sous le nom de *seiches dicrotes*. Elles sont caractérisées par une petite ondulation venant broder sur l'oscillation principale[2].

M. *L. Soret* a montré que ces seiches dicrotes sont le résultat de deux mouvements d'oscillation concomitants dont l'un a une durée un peu plus du double de celle de l'autre; on peut présumer que le premier de ces mouvements est le balancement longitudinal uninodal, et le second le balancement binodal[3].

En dernier lieu, M. *Édouard Sarasin* a donné la description d'un

[1] Voyez *Archives*, avril 1879.
[2] Voyez *Archives*, janvier 1880.
[3] Voyez *Archives*, janvier 1880.

limnimètre enregistreur transportable qu'il a fait construire. Il a exposé les premiers résultats obtenus avec cet appareil à la Tour de Peilz (Vevey) en les comparant à ceux que le limnimètre de Sécheron donnait simultanément. Il a confirmé le fait annoncé par M. Forel que les oscillations de 73 minutes et demie (uninodales) sont opposées aux deux extrémités du lac; en outre, il a reconnu que les oscillations de 35 minutes (binodales) sont concordantes[1].

M. Sarasin poursuit ses observations sur différents points du lac, et comparées avec les indications des limnimètres de Morges et de Sécheron, elles permettront sans doute d'éclaircir ce que cet intéressant phénomène des seiches peut encore avoir d'obscur.

Le cyclone dont nous avons tout à l'heure indiqué l'influence sur le niveau du lac, sévissait le 20 février pendant une des séances même de notre Société. M. le prof. *Plantamour* a donné alors quelques renseignements sur les phénomènes météorologiques qui l'avaient précédé : le calme complet de l'atmosphère de 2 h. à 4 h. de l'après-midi, le vent du S.-O. ayant soufflé avec violence dans la nuit et dans la matinée; la baisse rapide du baromètre depuis midi, accompagnée d'une élévation notable de la température jusqu'à 6 h. du soir, instant où elle atteignait son maximum, en même temps que le baromètre accusait la pression minimum et que l'ouragan se déchaînait dans toute sa force. La vitesse du vent, comme nous l'avons appris plus tard, a atteint 34 mètres par seconde au minimum.

M. le prof. Plantamour a présenté les observations météorologiques que M. *William Marcet* a faites à Cannes dans deux stations situées, l'une immédiatement au bord de la mer et l'autre à une distance de 700m à 20m d'altitude. Les minima thermométriques de la première station sont en moyenne de 2° plus élevés que ceux de la seconde accusant ainsi nettement l'action modératrice de la mer sur la température.

A l'occasion de diverses notices récentes relatives au verglas, M. le

[1] Voyez *Archives*, décembre 1879.

prof. *Colladon* a rappelé d'anciennes observations sur ce sujet, et particulièrement celles qu'il avait faites en janvier 1838 dans le midi de la France près de l'embouchure du Rhône; déjà à cette époque, il avait attribué ce phénomène à la surfusion de l'eau de pluie.

M. le prof. *Wartmann* a donné aussi quelques renseignements sur un cas de verglas qu'il a observé, le 27 décembre 1864, entre Avignon et Valence; les fils télégraphiques gisaient sur la voie, enveloppés d'une couche transparente de glace, semblable à un cylindre de verre ayant $0^m,03$ de diamètre. M. *Ph. Plantamour* a signalé le fait d'une pluie congelée en grains parfaitement transparents, qui s'est produite le 4 décembre 1879 à la suite d'une chute de neige prolongée.

M. le prof. *Colladon* a décrit une particularité des mouvements de l'air au contact des chutes d'eau: il a reconnu, à la cascade de Pissevache, l'existence d'un courant d'air parallèle à la chute d'eau, mais de sens contraire, et entraînant dans son mouvement ascensionnel une grande quantité de gouttelettes d'eau. Il rattache ce fait aux mouvements aériens ascendants qui accompagnent les chutes de grêle et les trombes, phénomènes sur lesquels il a publié un travail étendu[1].

M. le prof. *Raoul Pictet* a rapporté ses observations sur une lueur bleuâtre, sorte de feu St-Elme, qui pendant un orage s'est répandu sur la forêt environnant St-Cergues dans le Jura[2].

M. le prof. *Wartmann*, dans un travail de statistique météorologique relatif à Genève et portant sur 87 années, a fait ressortir le fait singulier que la date du 15 août présente une beaucoup plus grande probabilité de pluie ou d'orage que les jours précédents ou suivants. Ainsi la probabilité qu'il pleuvra le 13 août est de 6,8 pour 100

14	»	»	6,8	»	»
15	»	»	27,3	»	»
16	»	»	11,5	»	»
17	»	»	5,6	»	»

[1] Voyez *Archives*, juillet 1879.
[2] Voyez *Archives*, août 1879.

Le 15 février et le 15 novembre ont une probabilité sensiblement la même, et qui est de 21 pour cent. Celle du 15 mai s'élève à 35 pour cent. Le 15 août est l'époque moyenne de transition du régime d'été à celui d'automne.

Physique.

Dans le champ de la physique proprement dite, nous avons d'abord à rappeler les nouvelles communications de M. le prof. *Raoul Pictet* sur la théorie mécanique de la chaleur. Nous ne chercherons pas à donner ici le résumé des idées théoriques qu'il a émises : nous serions peut-être entraînés à en contester une partie, et cette analyse dépasserait forcément par son étendue les limites que nous devons nous imposer dans ce rapport. Nous ne pouvons cependant omettre de signaler dans cet important travail, l'énoncé de deux lois reliant les températures de fusion et d'ébullition des corps avec leurs coefficients de dilatation et la distance de leurs molécules déduite de la densité et du poids atomique. M. Pictet, qui a déjà donné dans les *Comptes rendus de l'Académie* et dans les *Archives*[1] un aperçu de ses conceptions sur cette matière, a annoncé son intention de les réunir et de les développer dans un ouvrage intitulé la *Synthèse de la Chaleur*.

M. *Raoul Pictet* a repris l'étude d'un sujet qui l'avait déjà occupé naguère; nous voulons parler de la résistance de l'air et de l'utilisation de cette résistance pour tenir les corps en suspension. Quelle est la forme la plus avantageuse à donner à une surface donnée pour qu'elle se maintienne en équilibre dans l'air avec le minimum de travail mécanique dépensé? Tel est le problème qu'il s'est posé. Une série d'expériences faites avec des cerfs-volants, en mesurant la tension de la direction angulaire de la corde qui les retient, a permis de reconnaître qu'une surface soutiendra plus facilement un poids donné lorsque sa forme est très retrécie dans la direction du vent et très allongée dans la direction

[1] Voyez *Archives*, novembre 1879.

perpendiculaire. Ainsi les oiseaux d'eau présentent dans la conformation de leurs ailes les conditions les plus favorables à un vol facile, tandis que d'autres oiseaux tels que les Gallinacés, munis d'ailes plus courtes, ont le vol beaucoup plus lourd.

Le même problème de sustentation se pose dans le cas où le fluide résistant est l'eau et non plus l'air, c'est-à-dire dans le cas des bateaux. M. *Pictet* en modifiant convenablement les formules relatives au vol des cerfs-volants et des oiseaux, est arrivé à conclure que pour obtenir des navires très rapides, il faut leur donner un fond sensiblement plat dans la direction transversale, mais recourbé dans une direction parallèle à la quille, suivant une parabole dont il a calculé l'équation. Avec cette construction, le bateau mis en mouvement par l'hélice d'une machine à vapeur à laquelle on imprime une vitesse de plus en plus grande, se comportera d'abord comme un navire ordinaire, le travail dépensé augmentant avec la vitesse; mais passé un certain degré de rapidité, le travail consommé par la machine diminue tandis que la vitesse augmente. Dans cette seconde période, l'allure sera tout à fait différente de ce qui a lieu ordinairement : le bateau, presqu'entièrement hors de l'eau, chemine d'une manière un peu analogue à celle d'un corps plat lancé et faisant des ricochets à la surface d'un étang.

Dans le domaine de la physique pure, nous avons encore à mentionner deux communications de M. *Raoul Pictet* relatives l'une à un système de baromètre à mercure dans lequel la cuvette est remplacée par un long tube horizontal, presque capillaire; l'autre a des augmentations spontanées de puissance qu'il a observées dans des aimants permanents.

M. *Charles Soret* a étudié l'état d'équilibre que prennent au point de vue de leur concentration des dissolutions salines primitivement homogènes dont deux parties sont portées à des températures différentes. En opérant sur de l'azotate de potasse et du chlorure de sodium placés dans des tubes scellés dont la moitié supérieure a été maintenue pendant plusieurs semaines à 78° environ, tandis que la moitié inférieure plon-

geait dans l'eau froide, il a reconnu que la concentration diminue sensiblement dans la partie chaude et qu'elle s'accroît d'autant dans la partie froide. Il a ajouté quelques considérations analytiques faisant comprendre comment ce fait peut se concilier avec la loi de Fick sur la diffusion[1].

L'étude des rayons ultra-violets du spectre a été l'objet de divers travaux. M. le prof. *A. Cornu*, membre honoraire de la Société, nous a envoyé un mémoire très intéressant sur la détermination de la longueur d'onde des rayons de haute réfrangibilité que contiennent les spectres du magnésium, du cadmium, du zinc et de l'aluminium. Ce dernier métal émet des radiations dont la longueur d'onde n'est que de 185 dix millionièmes de millimètre[2].

A l'occasion de ce travail, M. *Éd. Sarasin* a communiqué en son nom et en celui de M. *L. Soret*, les résultats de leurs études sur le spectre ultra-violet du magnésium par le procédé photographique.

MM. *L. Soret* et *A. Rilliet* ont examiné les propriétés d'absorption pour les rayons ultra-violets que présentent les éthers azotiques et azoteux qui, sous ce rapport, se comportent d'une manière complètement différente des azotates. Les vapeurs de ces éthers offrent aussi des phénomènes d'absorption très remarquables[3].

M. *L. Soret* a encore étudié au même point de vue l'ammoniaque et quelques sels ammoniacaux, soit purs soit tels que les usines à gaz les livrent au commerce. Les résultats qu'il a obtenus font présumer dans les produits de distillation des sels du commerce la présence de deux substances au moins outre l'ammoniaque.

Chimie.

Une question qui occupe actuellement les physiciens aussi bien que les chimistes a eu ses échos dans nos séances, c'est celle de la possibilité de décomposer les corps jusqu'ici réputés élémentaires. Les travaux de

[1] Voyez *Archives*, juillet 1879.
[2] Voyez *Archives*, janvier 1879.
[3] Voyez *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 3 novembre 1879.

M. *N. Lockyer*, membre honoraire de notre Société, nous ont été communiqués[1]; puis M. *Raoul Pictet*, après un résumé de nos connaissances sur la chaleur solaire, a développé un plan d'expériences qui, à l'aide d'appareils de concentration de dimensions colossales, permettraient d'employer les rayons solaires pour porter les corps dits élémentaires à des températures extrordinairement élevées et de provoquer ainsi leur dissociation s'ils sont réellement décomposables[2].

M. le prof. *Græbe* a fait une communication étendue sur la découverte de l'alizarine artificielle, sur les matières colorantes qui en dérivent et particulièrement sur le bleu d'alizarine[3].

M. *L. Lossier* a décrit une méthode nouvelle pour les essais d'or. Elle est basée sur la coloration brun intense que prend une dissolution d'or à laquelle on ajoute du bromure de potassium; on mesure le pouvoir absorbant de la solution et par suite son titre à l'aide d'un spectroscope photométrique.

MM. *Émile Ador* et *Rilliet* ont étudié les hydrocarbures obtenus par l'action du chlorure de méthyle sur la benzine en présence du chlorure d'aluminium, d'après la méthode générale de MM. Friedel et Crafts. C'est surtout sur les tri- et tétraméthylbenzine qu'ont porté leurs recherches[4].

M. *Émile Ador* a donné communication d'un autre travail fait en collaboration avec MM. *Friedel* et *Crafts* et dans lequel la même méthode a été appliquée aux dérivés du durol. La synthèse de quelques acétones et diacétones complexes a pu être réalisée[5].

MM. *Ador* et *Crafts* ont encore étudié l'action de l'anhydride phtalique sur la naphtaline en présence du chlorure d'aluminium[6].

M. *E. Demole* a fait une communication sur la constitution de l'éthylène dibromé et sur la véritable formule que l'on doit donner à ce corps[7].

[1] Voyez *Archives*, janvier 1879.
[2] Voyez *Archives*, janvier 1879.
[3] Voyez *Archives*, février 1879, p. 128; mars, p. 263; octobre, p. 534.
[4] Voyez *Archives*, février 1879.
[5] Voyez *Archives*, juillet 1879.
[6] Voyez *Archives*, juillet 1879.
[7] Voyez *Archives*, janvier 1880.

Géologie et Minéralogie.

La présence du fer dans la plupart des terrains a été constatée dans de nombreuses recherches récentes. M. le prof. *A. Favre* en a trouvé partout sur le sol du canton de Genève, dans les roches, dans les sables et dans les terrains glaciaires. Ce fer en grains attirables par l'aimant; une partie est à l'état d'oxyde cristallin, mais une autre partie, probablement à l'état métallique, doit être considérée comme de provenance cosmique.

Lors de la dernière éruption de l'Etna, M. *H. de Saussure* a immédiatement entrepris le voyage de Sicile pour assister à ce phénomène grandiose. A son retour il nous a fait part de ses observations. L'éruption provenant d'une poussée suivant l'axe de la montagne a produit une vaste fissure dirigée du nord au sud au travers de laquelle il s'est produit trois éruptions distinctes, une au sud et deux au nord, et les deux coulées supérieures se sont répandues par-dessus les couches de neige. De nombreuses cheminées se sont formées dans cette fissure, par lesquelles la lave a jailli en grande abondance. Une ouverture de la coulée supérieure du versant nord semblait en plein jour projeter des flammes, phénomène dont la réalité avait souvent été niée. La plus grande coulée de la lave a parcouru jusqu'à 8 kilomètres et a atteint sur certains points une épaisseur estimée à 40 ou 50 mètres. Il s'est produit également des éruptions de boue résultant de la pénétration de l'eau provenant de la fusion de la neige et de la condensation des vapeurs, dans les couches de cendres du cône principal. Ailleurs des éruptions gazeuses diffusées au travers de grandes couches de neige ont déposé à leur surface une multitude de petites masses de cendres délayées, chargées de soufre, de gypse en petits cristaux, de perchlorure de fer, de sulfate de soude et de potasse, etc.; le tout très chargé d'eau [1].

[1] Voyez *Comptes rendus*, 7 juillet 1879, et *Nature*, 2 octobre 1879.

M. le prof. *Brun* a présenté une fulgurite qu'il a trouvée sur le Jura, fait très rare dans des roches calcaires. De petits globules vitrifiés à la surface ne peuvent s'expliquer que par la fusion du calcaire sous l'influence de la brusque élévation de température causée par la foudre. M. Brun a signalé sur la même roche l'existence d'un réseau végétal (Lecanore et Rhyzocarpon) dont les filaments pénètrent jusqu'à 12 ou 14 millimètres de profondeur dans la pierre d'apparence compacte.

M. *Ernest Favre* a exposé l'état actuel de la classification des terrains jurassiques supérieurs et crétacés inférieurs. Les faunes méditerranéennes dont les dépôts de cette époque se rencontrent dans les Alpes offrent une succession plus normale et plus complète que celles du bassin anglo-parisien que l'on avait longtemps pris pour type. Les études paléontologiques de M. E. Favre[1] lui ont permis de reconnaître dans les terrains jurassiques supérieurs plus de 200 espèces bien déterminées réparties dans quatre horizons paléontologiques.

Physiologie.

Les faits singuliers observés par M. Charcot et d'autres physiologistes, sur les malades hystériques ont été l'objet de deux communications de M. le prof. *M. Schiff.*

Si bizarre que cela puisse paraître, il est incontestable que la simple application de plaques métalliques, l'approche d'un aimant ou d'une bobine parcourue par un courant électrique, peuvent rétablir au moins momentanément la sensibilité dans des membres qui en sont dépourvus, tandis qu'en revanche les organes du côté opposé du corps, habituellement sains, deviennent insensibles. Dans de nombreuses expériences, M. Schiff a cherché à reconnaître si ces faits ne sont pas soumis à une loi générale s'appliquant à tous les êtres, mais plus spécialement aux hystériques; il est arrivé à cette conclusion que l'influence des aimants

[1] Voyez *Mémoires de la Soc. paléont. suisse*, 1875, 76, 77 et 79.

ou des bobines ne se produit pas tant sur les nerfs que sur l'action reflexe dans les centres nerveux.

Dans une seconde communication, M. Schiff a particulièrement insisté sur l'action que le contact des métaux exerce sur les hystériques, action qui ne saurait être attribuée à des courants électriques, mais qui peuvent s'expliquer par des mouvements thermiques-rythmiques. M. Schiff a décrit des expériences qui lui paraissent confirmer cette hypothèse; il a cité par exemple un cas où la sensibilité a pu être rétablie par la transmission de vibrations musicales[1].

M. *Schiff* nous a fait connaître aussi le résultat de quelques recherches sur l'action du curare. L'influence du poison s'exerce d'abord sur les nerfs moteurs, puis, plus tard, sur les nerfs sensitifs; mais le laps de temps au bout duquel les nerfs sensitifs sont atteints est très variable et dépend de la température. Ainsi en opérant sur des grenouilles à Florence, en été, il suffisait d'une demi-heure pour que l'effet devînt manifeste, tandis qu'à Genève, en hiver, il fallait deux jours. Des expériences nouvelles ont montré qu'à une température de 3 ou 4 degrés des grenouilles curarisées peuvent vivre jusqu'à 18 jours; mais si on les place dans des étuves à température élevée, la mort survient très rapidement, M. Schiff a aussi observé que le curare détruit la sensibilité par compression ou sensibilité pour la douleur, en laissant subsister la sensibilité par simple contact.

A propos de cette communication de M. Schiff, M. le prof. *Brun* a présenté quelques observations sur les altérations du curare avec le temps.

M. *Schiff* a appliqué le microscope polarisant à l'étude anatomique du système nerveux. La partie active des nerfs est douée de la double réfraction négative, tandis que le tissu musculaire est positif de même que les nerfs atrophiés ou incomplètement développés comme à l'état embryonnaire. On peut donc distinguer ces substances sous le microscope par les changements de couleur que l'on observe à la lumière

[1] Voyez *Archives*, mars 1879, et janvier 1880.

polarisée. M. Schiff a mis sous nos yeux des préparations microscopiques mettant en évidence ce fait d'une grande importance au point de vue physiologique et pathologique.

M. le prof. *Zahn* a présenté à la Société un sujet offrant un cas remarquable d'hermaphrodisme.

M. le prof. *Brun* a observé un cas très singulier d'empoisonnement d'un enfant qui avait mangé simplement des figues. Le caractère de cet empoisonnement se rapporte à la présence abondante d'acide lactique provenant d'aliments antérieurement absorbés, puis converti en acide butyrique sous l'influence de la glucose des figues.

M. le prof. *Prevost* a rendu compte de ses recherches sur l'action physiologique du bromhydrate de conicine qui produit une paralysie des nerfs moteurs sans affecter la contractilité musculaire [1].

M. le Dr W. *Marcet*, qui s'occupe depuis longtemps de recherches sur la respiration, a présenté à la Société les appareils dont il se sert pour recueillir et analyser l'air émis par les poumons. Le dosage de l'acide carbonique s'effectue par la méthode de Pettenkofer légèrement modifiée.

Zoologie.

M. *H. de Saussure* a donné la description d'un articulé du Gabon désigné sous le nom d'*Hemimerus*, et présentant le caractère remarquable d'avoir dans les organes buccaux une pièce impaire de plus que les autres insectes. Ce fait a une grande importance en ce qu'il n'est pas compatible avec la théorie admise jusqu'à ce jour pour la composition de la tête des insectes, la rapportant à la contraction de quatre anneaux pédigères. Outre cette différence capitale, les *Hemimerus* s'écartent par leurs autres caractères de tous les ordres d'insectes et ne peuvent être classés dans aucun. M. de Saussure est donc conduit à en former un ordre nouveau pour lequel il propose le nom de Diploglossata [2].

[1] Voyez *Comptes rendus de l'Acad.*, 21 juillet 1879.

[2] *Mém. de la Société de physique*, 1879, t. XXVI, 2me partie.

M. *Lunel* a décrit une nouvelle espèce de poisson appartenant au genre Pteroplatea, et venant du Brésil. Il lui donne le nom de *Pteroplatea binotata*. On trouvera cette description dans les Mémoires de notre Société [1].

Botanique.

M. le prof. *Alph. de Candolle* a communiqué à la Société quelques renseignements comparatifs sur les principaux herbiers de l'Europe. Le sien propre, commencé par A. Pyramus de Candolle en 1798, comptait en 1841 à la mort de son fondateur 161,748 échantillons; maintenant il en compte 287,636 représentant 80 à 90,000 espèces différentes.

M. *Casimir de Candolle* a exposé ses recherches anatomiques sur les feuilles d'un grand nombre de dycotylédons. Il s'est particulièrement attaché à l'étude du pétiole ou de la nervure principale. Il a décrit les types principaux que présentent les coupes de ces pétioles examinées au microscope. Ces caractères auront dans certains cas une grande importance pour la classification botanique. Nous renvoyons pour plus de détails au travail original qui a été publié dans les Mémoires de notre Société [2].

M. *C. de Candolle*, de concert avec M. *Raoul Pictet*, ont repris la question de l'influence que peuvent exercer les grands froids sur la faculté germinative des graines, question que notre collègue, M. le prof. Wartmann avait déjà étudiée en 1860. Les expériences de MM. de Candolle et Pictet, concordant avec celles de M. Wartmann, ont montré que des graines diverses maintenues pendant 6 heures à une température inférieure à — 40°, ou pendant plus d'une heure à — 80°, puis semées dans les conditions ordinaires ne tardent pas à germer [3].

M. *Marc Micheli* a présenté une monographie des Alismacées, Butomacées et Juncaginées, familles très voisines les unes des autres dont les

[1] *Mém. de la Soc. de phys.*, 1879, t. XXVI, 2me partie.
[2] 1879, t. XXVI, 2me partie.
[3] Voyez *Archives*, novembre 1879.

deux premières pourront être réunies. Nous ne pouvons, on le comprend, analyser cet important travail, ni suivre l'auteur dans la description qu'il a donnée de l'organisation et de l'anatomie de ces plantes, dans les considérations qu'il a développées sur leur classification et leur distribution géographique [1].

Nous laisserions une lacune dans cette récapitulation des travaux de botanique dus à des membres de notre Société si nous ne faisions pas mention de deux publications importantes. Nous voulons parler du quatrième volume de la *Flora orientalis* de M. *Ed. Boissier* et de l'ouvrage de M. le prof. *Brun* sur les *Algues diatomacées des Alpes et du Jura.*

Prix de Candolle. Nous rappellerons enfin que le prix quinquennal fondé par Augustin-Pyramus de Candolle pour la meilleure monographie d'une famille ou d'un genre de plantes, a été décerné à M. A. Cogniaux, conservateur de l'herbier de l'État, à Bruxelles, pour son mémoire sur les Cucurbitacées.

Je termine ici ce compte rendu des travaux qui nous ont été présentés; je n'ai mentionné que les recherches originales, en les résumant aussi brièvement que possible; j'ai laissé de côté, souvent à regret, les communications familières dans lesquelles ont été analysées ou discutées la plupart des sujets qui ont eu quelque retentissement dans le monde scientifique pendant le cours de cette année. Malgré ces restrictions, malgré ces efforts pour abréger, ce résumé a pris bien du temps; mais, Messieurs, vous ne vous plaindrez pas de sa longueur, puisqu'elle est la conséquence et la preuve de l'activité qui a régné parmi nous.

[1] La monographie de M. Micheli est publiée dans les *Monographiæ Phanerogamarum* (suites au *Prodromus*), t. III.

TABLEAU DES MEMBRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

Au 1er Juillet 1880

MEMBRES ORDINAIRES RÉSIDANT A GENÈVE

RANGÉS PAR ORDRE D'ADMISSION.

Dates de leur réception	
1818	MM. *Jean-Alfred* GAUTIER, professeur d'astronomie.
1823	*François* MARCET, professeur de physique.
1825	*Daniel* COLLADON, professeur de mécanique.
1828	*Alphonse* DE CANDOLLE, professeur de botanique.
—	*Jean-Étienne* DUBY, pasteur, botaniste.
1830	*Henri-Clermont* LOMBARD, docteur-médecin.
1836	*Jean-François* BIZOT, docteur-chirurgien.
1838	*Paul* CHAIX, géographe.
—	*Pierre-Edmond* BOISSIER, botaniste.
1840	*Émile* PLANTAMOUR, professeur d'astronomie.
1841	*Charles* CELLÉRIER, professeur de mécanique.
—	*Alphonse* FAVRE, professeur de géologie.
1842	*Jean-Charles* MARIGNAC, professeur de chimie.
—	*Philippe* PLANTAMOUR, chimiste.
1849	*Élie* WARTMANN, professeur de physique.
1853	*Henri* DE SAUSSURE, entomologiste.
—	*Émile* GAUTIER, astronome.

Dates de leur réception

1854 MM. *Louis* SORET, professeur de physique.
— *Marc* THURY, professeur de botanique.
1861 *Casimir* DE CANDOLLE, botaniste.
— *Perceval* DE LORIOL, paléontologiste.
1862 *Aloïs* HUMBERT, zoologiste.
— *Jean* MULLER, Dr, professeur de botanique.
1863 *Henri* DOR, docteur-médecin.
— *Charles* GALOPIN, mathématicien.
— *Adolphe* PERROT, physicien.
— *Lucien* DE LA RIVE, physicien.
1864 *Victor* FATIO, zoologiste.
1865 *Arthur* ACHARD, ingénieur.
1867 *Marc* MICHELI, botaniste.
— *Godefroy* LUNEL, zoologiste.
1868 *Jean-Louis* PREVOST, docteur-médecin, professeur.
— *Henri* DE LA HARPE, mathématicien.
1869 *Édouard* SARASIN, physicien.
— *Ernest* FAVRE, géologue.
— *Eugène* RISLER, chimiste.
— *Raoul* PICTET, physicien.
1870 *Hermann* FOL, zoologiste.
1873 *Émile* ADOR, chimiste.
— *Edmond* SARASIN, chimiste.
— *William* BARBEY, botaniste.
1874 *Adolphe* D'ESPINE, docteur-médecin, professeur.
— *Eugène* DEMOLE, chimiste.
1876 *Théodore* TURRETTINI, ingénieur.
— *Pierre* DUNANT, docteur-médecin.
1877 *Maurice* SCHIFF, professeur de physiologie.
— *Gustave* JULLIARD, docteur-médecin, professeur.
— *Frédéric-Guillaume* ZAHN, professeur d'anatomie.
1878 *Jacques* BRUN, professeur de matière médicale.
1879 *J.-M.* CRAFTS, chimiste.

Dates de leur réception

1879 *Charles* Graebe, professeur de chimie.
— *Albert-Aug.* Rilliet, chimiste.
1880 *Charles* Soret, physicien.

2° MEMBRES ÉMÉRITES

1821 MM. *Jean-André* Dumas, chimiste, membre de l'Institut à Paris.
1864 *Marc* Delafontaine, chimiste, à Chicago.

3° MEMBRES HONORAIRES

1817 MM. *Ami* Boué, à Vienne.
1837 *Isaac* Lea, à Philadelphie.
1841 *L.-F.* de Menabrea, général, à Turin.
— *J.* Plateau, à Gand.
1842 *Charles* Martins, à Montpellier.
1846 *Angelo* Sismonda, à Turin.
— *Bernard* Studer, à Berne.
1849 *Charles* Brunner, à Vienne.
1850 *Humphrey* Lloyd, à Dublin.
— *Asa* Gray, à Philadelphie.
1856 *Henri* Sainte-Claire Deville, à Paris.
1859 *Jules* Marcou, à Salins (Jura).
— *George-Biddell* Airy, à Greenwich.
— *John* Tyndall, à Londres.
— *Alfred* Descloizeaux, à Paris.
— *Peter* Riess, à Berlin.
— Du Bois-Reymond, à Berlin.
— *Oswald* Heer, à Zurich.
— *Albert* Mousson, à Zurich.
— *Peter* Merian, à Bâle.
1861 *Rodolphe* Wolf, à Zurich.
1864 *A.* v. Kölliker, à Wurzbourg.

Dates de leur réception

1864 MM. *G.* Valentin, à Berne.
— *Louis* Dufour, à Lausanne.
— *William* Marcet, à Londres.
— *Charles* Lory, à Grenoble.
— *E.* Desor, à Neuchâtel.
— *Marcelin* Berthelot, à Paris.
1866 *Anatole* de Caligny, à Paris.
1869 *F.* Plateau, à Gand.
— *Ed.* Hagenbach, à Bâle.
— *J.-A.* Lissajous, à Paris.
1870 *Albert* Falsan, à Lyon.
— *Ernest* Chantre, à Lyon.
— *Adolphe* Hirsch, à Neuchâtel.
— *Pierre* Blaserna, à Rome.
— *Achille* Guénée, à Châteaudun.
1872 *W.* Kühne, à Heidelberg.
— *Samuel* Scudder, à Boston.
1874 *François-Aug.* Forel, à Morges.
— *A.* Cornu, à Paris.
1875 *Charles* Maunoir, à Paris.
— *J.-Norman* Lockyer, à Londres.
1876 *Eugène* Renevier, à Lausanne.
— *Louis* Rutimeyer, à Bâle.
— *F.-W.* Hayden, à Washington.
1879 *Samuel-P.* Langley, à Allegheny (Pensylvanie).
1880 *Joh.-Jac.* Baeyer, général, à Berlin.
C. Ibanez, général, à Madrid.
— *Herré-Aug.-Et.-Albans* Faye, à Paris.
Ant.-Jos.-Fr. Yvon-Villarceau, à Paris.
E. Mayo, général, à Florence.
Th. von Oppolzer, à Vienne.
Carl-Christ. Bruhns, à Leipzig.
— *Christ.-Aug.-Fr.* Peters, à Kiel.

Dates de leur réception

1880 MM. *E.* Adan, colonel, à Bruxelles.
— *Charles* Friedel, à Paris.
Alexandre Agassiz, à Cambridge (Massachusetts).

4° ASSOCIÉS LIBRES

1860 *Alfred* Le Fort.
Gustave Rochette.
- *Théodore* de Saussure.
Auguste Turrettini.
Victor Gautier.
Amédée Lullin.
Auguste Brot.
— *Frank* de Morsier.
— *Louis* Lullin.
Georges Sarasin.
Guillaume Prevost-Cayla.
— *Alexandre* Moricand.
- *François* Gas.
Théodore Vernes.
1861 *Victor* Dunant.
1863 *Émile* Naville.
1864 *James* Odier.
1865 *Émile* Bourcart.
1866 *Théodore* Audeoud.
— *Isaac* Demole-Ador.
1867 *Charles* Mallet.
1870 *Georges* Prevost.
Édouard Sarasin-Turrettini.
1871 *Henri* Barbey.
1872 *Agénor* Boissier.
Ernest Dé Traz.
Albert Rilliet-de Candolle.

Dates de leur réception

1872 MM. *Alexandre* MARTIN.
— *Lucien* DE CANDOLLE.
1873 *Édouard* DES GOUTTES.
— *Henri* HENTSCH.
1874 *Édouard* FATIO.
1875 *Louis* ADOR.
Henri PASTEUR.
1876 *Georges* MIRABAUD.
Constant PACCARD.
Charles GOLAZ.
— *William* FAVRE.
Émile PICTET.
Charles RIGAUD.
1877 *Ernest* COVELLE.
Domaine ROUX.
1878 *Louis* LOSSIER.
1879 *Émile* BOISSIER.
Henri BOUTHILLIER DE BEAUMONT.
— *Auguste* PREVOST.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

Liste des ouvrages reçus par la Société pendant l'année 1879.

Titres.	Donateurs.
Rapports trimestriels du Conseil fédéral suisse sur les travaux de la ligne du Saint-Gothard, nos 24 à 28. Titre et tables du tome VI. 4°. Berne, 1879	Conseil fédéral suisse.
Rapports mensuels, nos 71 à 80, 82 à 84. 4°. Berne, 1878-79	
Geologische Tabellen und Durchschnitte über den grossen Gotthards-Tunnel. 6te Lieferung. Folio. Berne, 1879	
Septième rapport de la Direction et du Conseil d'administration du chemin de fer du St-Gothard (1878). 4°. Zürich, 1879	Direction.
Bulletin de la Société des Sciences de Neuchâtel. Tome XI, 3e cahier. 8°. Neuchâtel, 1879	Société des Sc. naturelles de Neuchâtel.
Bericht über die Thätigkeit der St.-Gallischen naturwissenschaftlichen Gesellschaft, 1877-78. 8°. St.-Gallen, 1879	Société d'Hist. naturelle de St-Gall.
Mittheilungen der Thurgauischen naturforschenden Gesellschaft. Heft 4. 8°. Frauenfeld, 1879	Société des Sc. naturelles de Thurgovie.
Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Jahrg. XXIII. 8°. Zürich, 1878	Société des Sc. naturelles de Zurich.
Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles, nos 81, 82. 8°. Lausanne, 1879	Société vaudoise des Sc. naturelles.
Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel. Th. VI. H. 2. 8°. Basel, 1875	Société des Sc. naturelles de Bâle.
Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris. Tables du tome LXXXVII. T. LXXXVIII, nos 1 à 26 et tables; LXXXIX, nos 1 à 26 et tables. 4°. Paris, 1878-79	Académie des Sciences de Paris.
Nouvelles Archives du Muséum d'Histoire naturelle. 2e série. T. I, fasc. 1, 2; II, 1. 4°. Paris, 1878-79	Muséum d'Hist. naturelle de Paris.
Rapport annuel de Messieurs les Professeurs et Chefs de service, 1878. 8°. Paris, 1879	

Bulletin de la Société géologique de France. 3e série. T. V (1877), n° 12; VI (1878), nos 5 à 7; VII (1879), nos 1 à 3. 8°. . . . . Paris, 1878-79	Société géologique de France.
Bulletin de la Société de Géographie, 1879. 8°. . . . . Paris, 1879	Société de Géographie de Paris.
Annales de la Société entomologique de France. 4e série. T. X, partie supplémentaire, 4e cahier; 5e série. T. IV à VIII. 8°. Paris, 1874-78	Société entomologique de France.
Annales des Mines. 7e série. T. XIV (1878), livr. 6; XV (1879), livr. 1 à 4. 8°. . . . . Paris, 1878-79	École des Mines.
Journal de l'École polytechnique; cahier 45 (T. XXVIII). 4°. Paris, 1878	École polytechnique.
Revue savoisiennne. 20me année (1879). 4°. . . . . Annecy, 1879	Association Florimontane.
Mémoires de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux. 2e série. T. III, cahiers 1 et 2. 8°. . Bordeaux, 1878-79	Société des Sc. phys. et nat. de Bordeaux.
Actes de la Société Linnéenne de Bordeaux. T. XXXI, 4 pl.; XXXII, livr. 3 à 6; XXXIII, livr. 1 et 2. 8°. . . Bordeaux, 1878-79	Société Linnéenne de Bordeaux.
Bulletin de la Société de géographie commerciale de Bordeaux. 1879, nos 1 à 24. 8°. . . . . Bordeaux, 1879	Société de Géogr. commerciale de Bordeaux.
Mémoires de la Société nationale des Sciences naturelles et mathématiques de Cherbourg. T. XXI (3e série, t. I). 8°. Cherbourg, 1877-78	Société des Sciences naturelles et mathématiques de Cherbourg.
Catalogue de la Bibliothèque de la Société. 2e partie. 2e livraison. 8°. . . . . Cherbourg, 1878	
Mémoires de l'Académie des Sciences et Lettres de Montpellier. Section des Sciences. T. IX, fasc. 2. Années 1877-78. 4°. Montpellier, 1879	Académie des Sciences et Lettres de Montpellier.
Mémoires de l'Académie de Stanislas, 1878. 4e série. T. XI. 8°. Nancy, 1879	Académie de Stanislas.
Société Agricole, Scientifique et Littéraire des Pyrénées orientales. Vol. XXIII. 8°. . . . . Perpignan, 1878	Société Agricole, etc., des Pyrénées orient.
Mémoires de l'Académie des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres de Toulouse. 7e série. T. X. 8°. . . . . Toulouse, 1878	Académie des Sc., etc., de Toulouse.
Mémoires de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Savoie. 3e série. T. V et VI. 8°. . . . . Chambéry, 1879	Académie des Sc., etc., de Savoie.
Memorie della R. Accademia delle Scienze, Lettere ed Arti di Torino. Serie seconda. T. XXX. 4°. . . . . Torino, 1878	Académie R. des Sc., etc., de Turin.
Atti. T. XIV, 1 à 7. 8°. . . . . Torino, 1878-79	
Bollettino dell' Osservatorio della Regia Università di Torino. Anno XIII (1878). 4° oblong. . . . . Turin, 1879	
Bolletino del R. Comitato Geologico d'Italia, 1878. Anno IX. Vol. IX. 8°. . . . . Roma, 1878	Comité royal Géologique d'Italie.

Atti della R. Accademia dei Lincei. Transunti. Vol. III. 4° Roma, 1879	
Id. Memorie. Scienze morali, etc. Ser. III. Vol. II. 4°. Roma, 1878	Académie des Lynx.
Id. Memorie. Scienze fisiche, etc. Ser. III. Vol. II. Disp. 1, 2. 4°. Roma, 1878	
Memorie della R. Accademia delle Scienze, Lettere ed Arti in Modena. Tome XVIII. 4°. Modena, 1878	Académie R. des Sc., etc., de Modène.
Annuario della Società dei Naturalisti in Modena. Anno XII, fasc. 4; XIII, fasc. 1, 2. 8°. Modena, 1878-79	Société des Naturalistes de Modène.
Atti della Società Toscana di Scienze naturali. Vol. IV, fasc. 1. 8°. Pisa, 1879	Société toscane des Sc. naturelles.
Processi verbali. Vol. I, p. XLIX à CXXXII; vol. II, p. 1 à 16. 8°. Pisa, 1879	
Memorie del R. Istituto Lombardo di Scienze e Lettere. Vol. XIV, fasc. II. 4°. Milano, 1879	Institut royal lombard des Sciences et Lettres.
Rendiconti. Serie II. Vol. XI. 8°. Milano, 1878	
Atti della Società Italiana di Scienze naturali. Vol. XIX, fasc. 4; XX, fasc. 3, 4; XXI, fasc. 3, 4. 8° Milano, 1877-79	Société italienne des Sc. naturelles.
Atti del R. Istituto Veneto. Série V. T. III, livr. 8 à 10; IV, livr. 1 à 9. 8°. Venezia, 1876-78	Institut Vénitien.
Bollettino della Società di Scienze naturali ed economiche di Palermo, nos 12 à 14. 4°. Palermo, 1879	Société des Sc. natur. et économ. de Palerme.
Verhandelingen der Kön. Akademie van Wetenschappen. XVIII. 4°. Amsterdam, 1879	
Verslagen en Mededeelingen. Natuurkunde. 2de Reeks. XII et XIII Dl. 8°. Amsterdam, 1878	
Id. Letterkunde. 2de R. VII. 8°. Amsterdam, 1878	Académie R. des Sciences d'Amsterdam.
Processen-Verbaal, no 1. 8°. Amsterdam, 1877-78	
Jaarboek van der Kön. Akademie voor 1877. 8°. Amsterdam, 1877	
Francisci Pavesi. De Insubrum Agricolarum in transatlanticas regiones demigratione Idyllia. 8°. Amsterdam, 1878	
Archives du Musée Teyler. Vol. IV, fasc. 2 à 4; V, part. 1. 8°. Haarlem, 1878	Direction du Musée Teyler.
Natuurkundige Verhandelingen van der Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen te Haarlem. Derde Verz. Deel III. 4°. Haarlem, 1878	Société hollandaise des Sciences.
Archives Néerlandaises des Sciences exactes et naturelles. T. XIII, livr. 4 et 5; XIV, livr. 1 et 2. 8°. Haarlem, 1878-79	
Observations made at the Magnetical and Meteorological Observatory at Batavia. Vol. II et III. Folio. Batavia, 1878	Observatoire magnét. et météorol. de Batavia.
Publications de l'Institut R. Grand-Ducal de Luxembourg. T. XVII. 8°. Luxembourg, 1879	Institut Royal de Luxembourg.
Mémoires de l'Académie R. des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique. T. XLII. 4°. Bruxelles, 1878	Académie Royale de Belgique.

Mémoires couronnés et Mémoires des savants étrangers. T. XXXIX. 2e partie; XL; XLI. 4°.....Bruxelles, 1876-79	Académie Royale de Belgique.
Mémoires couronnés et autres Mémoires. Collection 8°. T. XXVII; XXVIII. 8°.....Bruxelles, 1877-78	
Bulletins de l'Académie, 44me à 47me années. 2e série. T. XLI à XLVI. 8°.....Bruxelles, 1876-78	
Annuaire de l'Académie. 43me à 45me années. 1877-79. 12°. Bruxelles, 1877-79	
A. Namur et *P. Mansion*. Tables de logarithmes à 12 décimales jusqu'à 434 milliards. 8°.....Bruxelles, 1877	
Annales de l'Observatoire royal de Bruxelles. Nouvelle série. Astronomie. T. I et II. 4°.....Bruxelles, 1878-79	Observatoire Royal de Bruxelles.
Annuaire de l'Observatoire royal de Bruxelles. 45me et 46me années (1878 et 1879). 16°.....Bruxelles, 1877-78	
Observations météorologiques faites aux stations internationales de la Belgique et des Pays-Bas. 1re année. 1877. 4°. Bruxelles, 1878	
Annales de la Société Entomologique de Belgique. T. XXI. 8°. Bruxelles, 1878	Société Entomologique de Belgique.
Comptes rendus. Série II, nos 58 à 68. 8°.....Bruxelles, 1878-79	
Astronomical and Magnetical and Meteorological Observations made at the R. Observatory Greenwich in the year 1876. 4°.....London, 1878	Amirauté de Londres.
Reductions of Greenwich meteorological Observations. 4°. London, 1878	
Results of Astronomical Observations made at the R. Observatory, Cape of Good Hope in the year 1859; Id., in the year 1875. 8°.....Cape Town, 1874 et 1877	
Philosophical Transactions of the Royal Society. Vol. 167, part. II; 168; 169, parts I et II. 4°.....London, 1878-79	Société R. de Londres.
Proceedings of the Royal Society, nos 184-196.. 8°.London, 1878-79	
List of Members. 4°.....London, 1878	
Catalogue of scientific Papers. Vol. VIII. 4°.....London, 1879	
Monthly Notices of the R. Astronomical Society. Vol. XXXIX, nos 2 à 9; XL, no 1. 8°.....London, 1878-79	Société R. Astronomique de Londres.
Report of the 47th Meeting of the British Association for the Advancement of Science (Plymouth). 8°.....London, 1878	Association britannique pour l'avancement des Sciences.
Transactions of the Entomological Society of London for 1877; Id., for 1878. 8°.....London. 1877-78	Société Entomologique de Londres.
Journal of the R. geographical Society. Vol. XLVII. 8°. London, 1877	Société royale de Géographie de Londres.
Proceedings. Vol. XXII, nos 1 à 6. 8°..... London, 1878	
Proceedings and Monthly Record of Geography. Vol. I, nos 1 à 5. 8°.....London, 1879	

Quarterly Journal of the Geological Society of London, nos 133 à 137. 8°. London, 1878	Société Géologique de Londres.
List of the Geological Society of London. 8°. London, Nov. 1878	
Transactions of the Linnean Society of London. 2d series. Botany. Vol. I, 5 et 6. 4°. London, 1878–79	Société Linnéenne de Londres.
Id., Zoology. Vol. I, 5 à 8. 4°. London, 1877-79	
Journal of the Linnean Society. Botany. Vol. XVI, nos 93 à 97; XVII, 98 à 102. 8°. London, 1877-79	
Id., Zoology. Vol. XIII, no 72; XIV, 73 à 79. 8°. London, 1877-79	
List of the Linnean Society, 1877. 8°. London, 1877	
Journal of the R. Microscopical Society. Vol. II, nos 2 à 7, 7a. 8°. London, 1879	Société R. microscopique de Londres.
Transactions of the Zoological Society of London. Vol. X, parts 3 à 11. 4°. London, 1877–79	Société Zoologique de Londres.
Proceedings, for 1877, parts III et IV; for 1878, parts I à IV; for 1879, parts I à IV. 8°. London, 1877-79	
List of the Vertebrated Animals new or lately living in the Gardens of the Zoological Society. 7th edit. 8°. London, 1879	
Proceedings of the Royal Institution of Great Britain. Vol. VIII, nos 68 et 69. 8°. London, 1878-79	Institution royale de la Grande-Bretagne.
List of the Members of the R. Institution in 1877. 8°. London, 1878	
Nature. Nos 479 à 497, 499 à 501, 503 à 510, 512 à 521, 523 à 529. 4°. London, 1879	Rédaction.
Proceedings of the Litterary and Philosophical Society of Liverpool. 67th session. 1877-78. Vol. XXXII. 8°. Liverpool, 1878	Société littéraire et philosophique de Liverpool
Transactions of the Royal Society of Edinburgh. Vol. XXVIII, part II. 4°. Edinburgh, 1878	Société royale d'Édimbourg.
Proceedings of the R. Society of Edinburgh. Session 1877-78. Vol. IX, no 100. 8°. Edinburgh, 1878	
Transactions of the Edinburgh geological Society. Vol. III, part II. 8°. Edinburgh, 1879	Société géolog. d'Édimbourg.
Transactions of the Highland and Agricultural Society of Scotland. 4th series. Vol. XI. 8°. Edinburgh, 1879	Société d'Agriculture d'Écosse.
Transactions of the R. Irish Academy. Vol. XXVI (Science), nos 17 à 21. 4°. Dublin, 1878–79	Académie Royale d'Irlande.
Id., Vol. XXVII (Polite Litterature and Antiquities), nos 2 et 3. 4°. Dublin, 1879	
Proceedings. Science. Vol. III (ser. II), nos 2 et 3. 8°. Dublin, 1878-79	
Id. Polite Litterature and Antiquities. Vol. I (ser. II), no 13. 8°. Dublin, 1879	
Journal of the R. geological Society of Ireland. Vol. XV, parts I et II. 8°. Dublin, 1878-79	Société géologique d'Irlande.
Journal of the Asiatic Society of Bengal. Vol. XLVII. Part I. History, Litterature, etc., nos 2 à 4. 8°. Calcutta, 1878	Société asiatique du Bengale.

Journal of the Asiatic Society of Bengal. Vol. XLVII. Part. II. Physical Science, n° 3; XLVIII, n° 1. 8°.....Calcutta, 1878-79
Proceedings of the Asiatic Society of Bengal, 1878, nos 7 à 10; 1879, nos 1 à 4. 8°.....Calcutta, 1878-79
— Société asiatique du Bengale.

Memoirs of the Geological Survey of India. Vol. XIV; XV, part 1. 8°.....Calcutta, 1878
Palæontologia Indica. Ser. IV. Vol. I, part 3; ser. XII, I. 4°. Calcutta, 1879
Records of the Geological Survey of India. Vol. XI, parts 1 à 4; XII, part 1. 8°.....Calcutta, 1878-79
Contents and Index of the first ten Volumes of the Records of the Geol. Survey of India. 8°.....Calcutta, 1878
Medlicott and Blanford. A Manual of the Geology of India. 2 vol. 8° et carte.....Calcutta, 1879
— Commission géologique de l'Inde.

Transactions and Proceedings of the R. Society of Victoria. Vol. XIII à XV. 8°.....Melbourne, 1878-79
— Société Royale de Victoria.

Transactions and Proceedings and Report of the Philosophical Society of Adelaide, for 1877-78. 8°.....Adelaide, 1878
— Société philosophique d'Adélaïde.

Mémoires de l'Académie royale de Copenhague. 5e série. Classe des Sciences. Vol. XII, nos 3 et 4. 4°.....Copenhague, 1878-79
Bulletin de l'Académie royale de Copenhague, 1878, n° 2; 1879, nos 1 et 2. 8°.....Copenhague, 1878-79
— Académie royale de Copenhague.

Forhandlinger i Videnskabs-Selskabet i Christiania. Années 1876 à 1878. 8°.....Christiania, 1877-79
Archiv for Mathematik og Naturvidenskab. Vol. II, 1 à 4; III, 1 à 4; IV, 1. 8°.....Christiania, 1877-79
Nyt Magazin for Naturvidenskaberne. Vol. XXIII, 1 à 4; XXIV, 1 à 3. 8°.....Christiania, 1877-78
Fortegnelse over Separat-Aftryk af Christiania Videnskabs-Selskabs Forhandlinger. 8°.....Christiania, 1878
Register til Christiania Videnskabs-Selskabs Forhandlinger, 1868-77. 8°.....Christiania, 1879
G.-O. Sars. Bidrag til Kundskaben om Norges Arktiske Fauna. I. Mollusca regionis arcticæ Norvegiæ. 8°.....Christiania, 1878
Sophus Lie. Om Poncelet's Betydning for Geometrien (Universitets-Programm). 8°.....Christiania, 1878
Theodor Kjerulf. Om Stratifikationens Spor. 4°....Christiania, 1877
Axel Boeck. De Skandinaviske og Arktiske Amphipoder. Parties 1 et 2. 4°.....Christiania, 1876
— Université de Christiania

Tromsö Museums Aarshefter. I. 8°.....Tromsö, 1878
— Musée de Tromsö.

Olaf S. Jensen. Turbellaria ad litora Norvegiæ occidentalia. 4°. Bergen, 1878
— Musée de Bergen.

Mémoires de l'Académie imp. des Sciences de St-Pétersbourg. Tome XXV, nos 5 à 9; Tome XXVI, nos 1 à 11. 4°. Saint-Pétersbourg, 1877-78	Académie impériale de Saint-Pétersbourg.
Bulletin. Tome XXV, nos 3 à 5. 4°. Saint-Pétersbourg, 1879	
Annalen des physikalischen Central-Observatoriums. Jahrg. 1877. 4°. Saint-Pétersbourg, 1878	Observatoire physique central de Russie.
Repertorium für Meteorologie, redigirt von Dr H. Wild. Bd VI. H. 1 et 2. 4°. Saint-Pétersbourg, 1878-79	
Acta Horti Petropolitani. Tome V, fascic. 2; VI, fascic. 1. 8°. Saint-Pétersbourg, 1878-79	Jardin Botanique de St-Pétersbourg.
Nouveaux Mémoires de la Société impériale des Naturalistes de de Moscou. T. XIV, livr. 1. 4°. Moscou, 1879	Société impériale des Naturalistes de Moscou.
Bulletin, 1878, nos 3 et 4; 1879, no 1. 8°. Moscou, 1878-79	
Sitzungsberichte der Naturforscher-Gesellschaft bei der Universität Dorpat. Bd V, H. 1. 8°. Dorpat, 1879	Société des Naturalistes de Dorpat.
Archiv für die Naturkunde Liv., Esth.- und Kurlands. 2te serie. Biologische Naturkunde. Bd VIII, 3te Liefer. 8°. Dorpat, 1879	
Dr C. Grewingk. Geognostische Karte der Ostprovinzen Liv., Esth.- und Kurlands. 2te Ausg. Folio. Dorpat, 1879	
Bidrag till Kännedom af Finlands Natur och Folk utgifna af Finska Vetenskaps-Societeten. Vol. 27 à 31. 8°. Helsingfors, 1878-79	Société des Sciences de Finlande.
Öfversigt af Finska Vetenskaps-Societetens Förhandlingar XIX (1876-77); XX (1877-78). 8°. Helsingfors, 1877-78	
Observations météorologiques publiées par la Société des Sciences de Finlande. Années 1875 et 1876. 8°. Helsingfors, 1878	
Otto E.-A. Hjelt. Carl von Linné som Läkare, etc. 8°. Helsingfors, 1877	
Abhandlungen der K. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Année 1878. 4°. Berlin, 1879	Académie des Sciences de Berlin.
Monatsbericht. Septembre à décembre 1878; janvier à août 1879. 8°. Berlin, 1878-79	
Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Vol. XXX, Heft 4; XXXI, H. 1 à 3. 8°. Berlin, 1878-79	Société Géologique allemande.
Register zu den XXI bis XXX Bande (1869-78). Berlin, s. d.	
Schriften der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig. Neue Folge. Bd IV, H. 3. 8°. Danzig, 1878	Société des Sciences naturelles de Dantzig.
Verhandlungen des naturhistorischen Vereins der Preussischen Rheinlande und Westfalens. Jahrg. XXXIV, 2; XXXV, 1 et 2; XXXVI, 1. 8°. Bonn, 1877-79	Société des Sciences naturelles de la Prusse rhénane.
Siebenter Jahresbericht des Westfälischen Provincial-Vereins für Wissenschaft und Kunst pro 1878. 8°. Münster, 1879	Soc. des Sciences et des Arts de Westphalie.

Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Halle. Bd XIV, 3. 4°.....Halle, 1879 Festschrift zur Feier des Hundertjährigen Bestehens der naturf. Ges. zu Halle. 4°.....Halle, 1879	Société des Sciences naturelles de Halle.
Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften. Vol. LI (3e série, III). 8°.....Berlin, 1878	Société des Sciences nat. de Saxe et Thuringe.
Sitzungsberichte der physikalisch-medicinischen Societät in Erlangen. Heft 10 (Nov. 1877 à Août 1878). 8°.....Erlangen, 1878	Société physico-médicale d'Erlangen.
Abhandlungen der mathem.-physischen Classe der Kön. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Vol. XI, 6 à 8; XII, 1 à 3. 8°.....Leipzig, 1876-79 Berichte über die Verhandlungen d. K. Sächs. Ges. d. Wiss. zu Leipzig. Mathem.-physische Classe, 1875, II à IV; 1876, I, II; 1877, I, II; 1878. 8°.....Leipzig, 1876-79 Berichte. — Philolog.-historische Classe, 1875, II; 1876; 1877, I, II; 1878, I à III. 8°.....Leipzig, 1876-79	Société R. des Sciences de Saxe.
Sitzungsberichte der naturforschenden Gesellschaft zu Leipzig. Jahrg. V (1878). 8°.....Leipzig, 1878	Société d'Histoire naturelle de Leipzig.
Jahresbericht der fürstlich Jablonowski'schen Gesellschaft (1878, 1879). 8°.....Leipzig, 1878-79	Société de Jablonowski.
Abhandlungen der K. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Vol. XXIII, 1878; XXIV, 1879. 4°.....Göttingen, 1878-79	Société R. des Sciences de Göttingen.
Catalog der Bibliothek des Vereins für Naturkunde in Cassel. 8°. Cassel, 1875 *Kessler*. Die Lebensgeschichte der auf Ulmus campestris vorkommenden Aphiden-Arten. 8°.....Cassel, 1878 *Riess, Wiegand u. Eisenach*. Uebersicht der bisher in der Umgegend von Cassel beobachteten Pilze. 8°.....Cassel, 1878	Société des Sciences naturelles de Cassel.
Sitzungsberichte der Jenaischen Gesellschaft für Medicin und Naturwissenschaft für 1878. 8°.....Jena, 1879 Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft. Bd XIII (Neue Folge, 6ter Bd). H. 1 à 4, et Supplement-Heft. 8°.....Jena, 1879	Société de Médecine et d'Histoire naturelle de Iena.
Abhandlungen der Senckenbergischen naturforsch. Gesellschaft. Vol. XI, 2, 3. 4°.....Frankfurt a/M., 1877-78 Bericht über die Senckenbergische Naturforsch. Gesellschaft, 1876-77, 1877-78. 8°.....Frankfurt a/M., 1877-78	Société Senckenbergienne des Sciences naturelles.
Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Würtemberg. Jahrg. XXXV. 8°.....Stuttgart, 1879	Société des Sciences nat. du Würtemberg.
Bericht über die Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg in Br. Vol. VII. H. 3. 8°. Freiburg i. B., 1878	Société des Sc. nat. de Fribourg en Brisgau.
Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse. Supplément de décembre 1878; 1879, Janvier à Octobre. 8°. .Mulhouse, 1878-79	Société Industrielle de Mulhouse.
Verhandlungen des Vereins für naturwissenschaftliche Unterhaltung zu Hamburg, 1876. Bd III. 8°.....Hamburg, 1878	Société d'hist. nat. de Hambourg.

27ter und 28ter Jahresbericht der naturhistorischen Gesellschaft zu Hannover. 8°. ..... Hannover, 1878 — Société d'Histoire natur. de Hanovre.

Abhandlungen der mathem.-physik. Classe der K. Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Bd XIII, Abthl. 2. 4°. München, 1879

Sitzungsberichte der mathem.-physik. Classe der Akademie der Wissenschaften zu München. 1878. H. 4; 1879. H. 1, 2. 8°. München, 1878-79 — Académie royale des Sc. de Bavière.

Dr *Adolph Baeyer*. Ueber die Chemische Synthese. Festrede, etc. 4°. ..... München, 1878

Verhandlungen der Physikal.-Medicinischen Gesellschaft in Würzburg. Bd XIII. H. 1 à 4. 8°. ..... Würzburg, 1879 — Société physico-médicale de Würzbourg.

Denkschriften der K. Akademie der Wissenschaften. Vol. 35 et 38. 4°. ..... Wien, 1878

Sitzungsber. der Mathem.-naturw. Classe. 1ste Abthl. Vol. LXXVI, 1 à 5; LXXVII, 1 à 4 8°. ..... Wien, 1878

Sitzungsber. 2te Abthl. Vol. LXXVI, 2 à 5; LXXVII, 1 à 3. 8°. Wien, 1878 — Académie impér. des Sc. de Vienne.

Sitzungsber. 3te Abthl. Vol. LXXVI, 1 à 5.

Sitzungsber. Register zu den Bänden LXV bis LXXV, 8°. Wien, 1878

Abhandlungen der K. K. geologischen Reichsanstalt. Bd VII, H. 5; XII. H. 1. 4° ..... Wien, 1879

Verhandlungen der K. K. geologischen Reichsanstalt. Jahrg. 1878, nos 14 à 18; 1879, nos 1 à 13. 8°. ..... Wien, 1878-79

Jahrbuch der K. K. geol. Reichsanst. Jahrg., 1878, Bd XXVIII, no 4; 1879, Bd XXIX, nos 1 à 3. 8°. ..... Wien, 1878-79 — Institut I. R. de Géologie de Vienne.

Verhandlungen der K. K. Zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien. Jahrg. 1878. Vol. XXVIII. 8°. ..... Wien, 1879 — Soc. I. R. de Zoologie et de Botan. de Vienne.

Mittheilungen der K. und K. geographischen Gesellschaft in Wien. Jahrg. 1878 (XXI). 8°. ..... Wien, 1878 — Société I. R. de Géographie de Vienne.

Astronomische, Magnetische und Meteorologische Beobachtungen an der k. k. Sternwarte zu Prag, im Jahre 1878. Jahrg. 39. 4°. ..... Prag, 1879 — Observatoire I. R. de de Prague.

Abhandlungen der mathem.-naturwissenschaftlichen Classe der k. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften. VIte Folge. 9 Band. 4°. ..... Prag, 1878

Sitzungsberichte. Jahrg. 1877 et 1878. 8°. ..... Prag, 1878-79

Jahresbericht. 1877 et 1878. 8°. ..... Prag, 1877-78 — Société R. des Sciences de Bohême.

Franz Vejdovsky. Beiträge zur vergleichenden Morphologie der Anneliden. I. Monographie der Enchytræiden. 4°. ..... Prag, 1879

Annual Report of the Commissioner of Agriculture to the President. November 1878. 8°. ..... Washington, 1878 — Département de l'Agriculture des États-Unis.

U. S. Geological Survey of the Territories. Miscellaneous publications, n° 10. Bibliography of N. American Palæontology. 8°. Washington, 1878 — M. F.-W. Hayden. Bureau géologique des États-Unis.

Bulletin of the U. S. Geol. and Geogr. Survey of the Territories. Vol. IV, n° 3. 8°. Washington, 1878 — M. F.-W. Hayden. Bureau géologique des États-Unis.

Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences. New serie. Vol. V. Parts II, III. 8°. Boston, 1878 — Académie américaine des Arts et des Sciences.

Proceedings of the American Philosophical Society, n° 101 (Vol. XVII). 8°. Philadelphia, 1878 — Société philosophique américaine.

Catalogue of the Amer. Phil. Soc. Library. Part. III (Class III). 8°. Philadelphia, 1878 — Société philosophique américaine.

Memoirs of the Museum of comparative Zoölogy at Harvard College. Vol. VI, n° 1. Part. I. 4°. Cambridge, 1879 — Musée de Zoologie comparée.

Bulletin of the Museum of comp. Zoöl. Vol. V, n°s 8 à 14. 8°. Cambridge, 1878-79 — Musée de Zoologie comparée.

Samuel Scudder. Catalogue of scientific serials of all countries (Library of Harvard University; special Publications. I). 8°. Cambridge, 1879 — Université de Harvard.

Annals of the Astronomical Observatory of Harvard College. Vol. XI, part. I. 4°. Cambridge, 1879 — Observatoire de Harvard College.

Annual Report of the Director of Harvard College Observatory. Presented Nov. 1878. 8°. Cambridge, 1879 — Observatoire de Harvard College.

The American Journal of Science and Arts. Juin à Septembre 1878. 8°. New Haven, 1878 — Rédaction.

The Journal of the Cincinnati Society of Natural History. Vol. I, n° 4. Janvier 1879. 8°. Cincinnati, 1879 — Société d'Histoire naturelle de Cincinnati

Proceedings of the California Academy of Sciences. Vol. VI; VII, part. I. 8°. San Francisco, 1875-77 — Académie des Sciences de Californie.

Boletin del Ministerio de Fomento de la Republica Mexicana. Tome III (1878), n°s 60 à 83; IV (1879), n°s 1 à 51, 53 à 67, 70 à 123. 4°. Mexico, 1878-79 — Ministerio de Fomento du Mexique.

Revista meteorologica mensual. Juin 1878. 4°. Mexico, 1878 — Ministerio de Fomento du Mexique.

Francisco Jimenes y *Leandro Fernandez*. Determinacion de la Longitud del Pendulo de Segundos y de la Gravidad en Mexico. 8°. Mexico, 1879 — Observatoire central de Mexico.

Anales de la Sociedad cientifica Argentina. Tome VI. Entrega 6; VII, Entrega 5. 8°. Buenos-Ayres, 1878-79 — Société scientifique argentine.

Memorias da Academia Real das Sciencias de Lisboa. Classe de Sc. mathematicas, physicas e naturaes. T. IV, p. 1 et 2; V, p. 1. 4°. Lisboa, 1867-75 — Académie R. des Sciences de Lisbonne.

Memorias da Academia Real das Sciencias de Lisboa. Classe de Sc. moraes, politicas e Bellas Lettras. T. IV, p. 1 et 2. 4°. Lisboa, 1872-77 — Académie R. des Sciences de Lisbonne.

Sessão publica da Academia R. das Sciencias de Lisboa em 12 de Dezembro de 1875. 8°. Lisboa, 1875	
Sessão publica da Academia R. das Sciencias de Lisboa em 15 de Maio de 1877. 8°. Lisboa, 1877	
Jornal de Sciencias mathematicas, physicas e naturaes publicado sob os auspicios da Ac. R. das Sc. de Lisboa. T. I, nos I-IV; II, nos V à VIII; III, nos IX à XII; IV, nos XIII, XV, XVI; V, nos XVII à XX. 8°. Lisboa, 1866-76	Académie R. des Sciences de Lisbonne.
A.-A. de Pina Vidal. Curso de Meteorologia 8°. Lisboa, 1869	
Id. Tratado elementar de Optica. 8°. Lisboa, 1874	
J.-Ign. Ferreira Lapa. Chimica agricola, etc. 8°. Lisboa, 1875	
J. de Loureiro. Flora Cochinchinensis. 2 vol. 4°. Lisboa, 1790	
Annaes de Commissão central permanente de Geographia, n° 2. Junho 1877. 8° Lisboa, 1877	Comité central perm. de Géographie à Lisbonne.
Revue Mycologique, dirigée par M. Ch. Roumeguère, 1879, n° 1. 8°. Toulouse, 1879	L'éditeur.
Quintino Sella. Paolo Volpicelli. Cenno necrologico. 4°. Roma, 1879	Dr Rodolfo Volpicelli.
James Henry. Æneida, or critical, etc. Remarks on the Æneis. Vol. II, suite. 8°. Dublin, 1879	Exécuteurs testamentaires de l'auteur.
Snellen van Vollenhoven. Pinacographia. Part. 6 et 7. 4°. Sgravenhague, 1878	Gouvernement hollandais.
Mariano Barcena. Estudio del terremoto del 17 de Mayo de 1879. Br. 8°. Mexico, 1879	
Bergsma et Backer Overbeek. Bijdrage tot de Kennis der Wersgesteldheid ter Kuste van Atjeh. 4. Batavia, 1877	
Edmond Boissier. Flora orientalis. Vol. IV. 8°. Genève, 1879	
C. Briquel. Note sur l'Artemia salina. Br. 8°. Nancy, 1879	
J. Brun. Diatomées des Alpes et du Jura. 8°. Genève, 1880	
H. Sainte-Claire Deville et E. Mascart. Sur la construction de la règle géodésique internationale. 4°. Paris, 1879	
Georg Dimmock. The writings of Samuel-H. Scudder. Br. 8°. Cambridge, Mass, 1879	
A.-L. Donnadieu. Organisation du service de la Zoologie à la Faculté des Sciences de l'Université catholique de Lyon. Br. 8°. Paris, 1879	Dons des auteurs.
Dr H.-A. Hagen. Destruction of obnoxious Insects. Br. 8°. Cambridge, Mass, 1879	
L. Lossier. Rapports et expertise chimique des terrains de Saint-Georges pour la création d'un nouveau cimetière. 4°. Genève, 1878	
E. Plantamour et M. Löw. Détermination télégraphique de la différence de longitude entre Genève et Strasbourg. 4°. Genève, 1879	
E. Plantamour et le colonel von Orff. Détermination télégraphique de la différence de longitude entre les observatoires de Genève et de Bogenhausen, près Munich. 4°. Genève, 1879	

J. Plateau. Sur une loi de la persistance des impressions dans l'œil. Br. 8°. ..... Bruxelles, 1878
J. Plateau. Un petit paradoxe. Br. 8°. ..... Bruxelles, 1879
J. Plateau. Un mot sur l'irradiation. Br. 8°. ..... Bruxelles, 1879
J. Plateau. Sur la viscosité superficielle des liquides. Br. 8°. Bruxelles, 1879
A. Preudhomme de Borre. Quelques conseils aux chasseurs d'Insectes. Br. 8°. ..... Bruxelles, 1878
A. Preudhomme de Borre. Note sur des difformités observées chez l'Abax ovalis et le Geotrupes sylvaticus. Br. 8°. Bruxelles, 1878
A. Preudhomme de Borre. Études sur les espèces de la tribu des Féronides qui se rencontrent en Belgique. 1re partie. 8°. Bruxelles, 1879 s. d.
A. Preudhomme de Borre. De la meilleure disposition à donner aux caisses et cartons des collections d'Insectes. Br. 8°. Bruxelles, 1879
A. Preudhomme de Borre. Note sur la Breyeria Borinensis. Br. 8°. ..... Bruxelles, 1879
Dr J.-L. Prevost. Catalogue des publications périodiques sur les sciences médicales, etc. Br. 8°. ..... Genève, 1879
Xavier Raspail. Monographie du Rossignol. Br. 8°. ..... Paris, 1879
E. Renevier. Le gypse des environs de Menaggio. Br. 8°. Lausanne, 1879
E. Renevier. Partie culminante de l'ancienne moraine frontale du glacier du Rhône sur les flancs du Jura. Br. 8°. ... Lausanne, 1879
E. Renevier. Le Musée géologique de Lausanne en 1878. Br. 8°. ..... Lausanne, 1879
E. Renevier. Découverte d'un silicate gélatineux naturel. Br. 8°. Lausanne, 1879
E. Renevier. Notice sur l'ouvrage de M. le prof. Heim intitulé : Mechanismus der Gebirgsbildung. Br. 8°. ..... Genève, 1878
E. Renevier. Premier compte rendu de la commission géologique internationale pour l'unification des procédés graphiques. Br. 8°. ..... Lausanne, 1879
Hermann Scheffer. Wärme und Elasticität. 8°. ..... Leipzig, 1879
S.-H. Scudder. The fossil Insects of the green River shales. 8°. Washington, 1878
P. Tacchini. Sull' Andamento della Attività solare dai 1871 al 1878 (5 exemplaires). 4°, avec 2 pl. Folio. ..... s. l., 1879
Dr Rudolf Wolf. Astronomische Mittheilungen, nos XLVIII et XLIX. 8°. ..... Zürich, 1879
*** Catalogue of Mammals, Birds, Reptiles and Fishes of the Dominion of Canada. Br. 8°. ..... Montréal, 1878

Dons des auteurs.

CHOIX

DE

MOUSSES EXOTIQUES

NOUVELLES OU MAL CONNUES

PAR

J.-E. DUBY

Ancien Pasteur, Docteur ès Sciences.

(Communiqué le 5 Février 1880.)

Ptychomitrium Cummingii. Humile, caulibus dense in cespitulos minutos orbiculari-convexos infra planos 1-2 millim. altos 6-8 millim. latos congestis erectis 1-1 ½ millim. altis; foliis elongatis plus minus angustis obtusiuscule acuminatis planis integerrimis, siccitate crispatis, nervo crasso sensim attenuato et sub apice evanido, cellulis basilaribus elongato-parallelogrammicis, alteris minutis quadratis regulariter dispositis versus apicem folii densiusculis obscuris; seta erecta tereti lævi folium duplo triplove superante; capsula primo angusta dein ovato-globosa tandem late aperta cylindrico-globosa et etiam globosa straminea; operculo conico, peristomio amæne purpureo erecto dentibus dense approximatis dense punctulatis basi 2-3 trabeculatis inde subulato-obtusis cruribus 2 primo cohærentibus demum per paria a parte trabeculata fissis; calyptra lævi stramineo-viridi capsulam omnino obtegente e basi lata fimbriata connivente

acuminata. Valdivia (Chili). Cumming in herb. Hedwig-Schwægrichen nunc meo. Aff. P. Balansæ Besch. in Muscis Parag. 5.

Tab. I, fig. 2. *a* magn. natur. *b* aucta. *b'* capsula cum operculo valde aucta. *c* folium valde auctum. *c'* cellulæ < 300. *d* calyptra valde aucta. *e* peristomii dentes < 400.

Bartramia recurvifolia, caulibus alatis 6-8 centim. altis erectis strictis versus apicem sparse ramosis rarius in parte inferiori dichotomis omnino obtectis foliis densissime imbricatis 10-12 millim. longis basilaribus nigrescentibus superioribus amæne viridibus undiquaque versis elongatissimis e basi convexa angusta lanceolata sensim attenuatis usque ad apicem angustissimum recurvatis dense serratis, nervo e basi lata paululum restricto apicem attingente, cellulis basilaribus ovatis, marginalibus vero longe attenuatis, altioribus minoribus anguste oblongis obtusis, terminalibus minutissimis globosis densis et obscuris; setis filiformibus lævissimis basi erectis demum incurvis paulo e foliis emergentibus 6-7 millim. altis; capsula lanceoloto-elliptica plus minus incurvata et inæquali nigra plicata basi paulisper strumosa; operculo elongato-conico acuminato; peristomio simplici purpureo dentibus inferne dense trabeculatis demum in lacinias 2 elongatas plus minus divergentes filiformes divisis; calyptra dimidiata subconcolori fimbriata. Ad terram in prov. Brasiliæ S^t^ Pauli detenit Dom. Puiggari. — Affinis B. angustifoliæ Mitt. et B. Jamesoni Tayl. sed caracteribus laudatis et imprimis capsulæ forma, et foliorum elongatione et recurvatione.

Tab. III, f. 3. *a* magnit. natur. *b* folia valde aucta. *b'* fol. perichætialia id. *c* cellulæ < 300. *d* capsula valde aucta. *e* peristomium dentes < 400. *f* capsula cum calyptra valde aucta.

Tortula jugicola dense cespitoso-intertexta subhumilis gracilis, humida viridis sicca obscura, caulibus 2-2 $^1/_2$ centim. altis erectis divergentibusve densissime foliosis, foliis erectis confertis strictis inferioribus patulis exsiccatione involutis tortilibus e basi paulo latiore sensim acuminatis integerrimis, cellulis inferioribus pellucidis late ovato-lanceolatis, dein anguste lineari-quadratis, in parte superiori minutissimis globosis densissimis tandem omnino opacis, nervo usque ad apicem producto; setis strictis tenuibus purpureis 10-20 millim. altis, capsula anguste et elongato-cylindrica 2-3 millim. longa evacuata pallida basi subannulata; operculo anguste elongato-coniformi obtuso; peristomio purpureo pluries contorto ad basin usque fisso pallido; calyptra elongato-cylindrica sensim attenuata operculum amplectente.—In jugis editioribus prov. S. Pauli

Brasiliæ detexit Dom. Puiggari. Aff. T. cespitosæ Schw. et T. graminifoliæ C. M. sed ab illis caracteribus laudatis diversa.

Tab. III, f. 2. *a* magn. natur. *b* aucta. *c* fol. valde auctum. *d* cellulæ < 350. *e* peristomium valde auctum. *f* operculum. *g* idem cum calyptra valde aucta.

Brachystelium isoskelos, pusillum laxissime cespitosum parum cohærens intense viride a basi ramosum ramis vix 4-5 millim. altis subsimplicibus erectis undique foliosis cylindricis; foliis crispatis dense intertextis erectis uncinato-tortilibus carinato-concavis, humidis planis, e basi lata sensim constrictis et inde anguste acutis integerrimis nervo percursis, cellulis in lineas regulares dispositis, inferioribus elongato-quadratis dein brevioribus, superioribus sensim abbreviatis, terminalibus multo minoribus rotundatis congestis: seta tenuissima filiformi pallida stricta 5-7 millim. alta solitaria aut. 2-3 approximatis; capsula 2 millim. alta elongato-lanceolata truncata nitida fusco-brunnea substriata, operculo rubello e basi plana subulato $^2/_3$ capsulæ partem æquante; peristomii dentibus elongatis fere usque ad basin fissilibus cruribus æqualibus linearibus angustissimis granuloso-punctatis basi obscure 2-3 trabeculatis per paria approximatis, calyptra angustissima nitida basi omnino nuda capsulam involvente. Prope Aprahy detexit oculatissimus Dom. Puiggari.—A. B. crispato differt essentialiter calyptra usque ad basin capsulæ descendente, perist. dentibus elongatis minutissime punctulato-granulosis usque fere ad bassin dissitis. A Glyphomitrio Sellowiano setis foliis 3° longioribus, theca anguste lanceolata, operculo e basi plana subulato.

Tab. II, f. 3. *a* magn. natur. *b* valde auctum. *c* fol. magn. nat. *c'* valde auctum. *d* cellulæ < 350. *e* fol. perichæt. valde auct. *f* capsula valde aucta. *g* calyptra id. *h* dentes 2 < 400.

Orthothricum Puiggarii, suffruticosum nigrescens fasciculatum tortuosum intertextum e basi ramosum 2-3 centim. altum ramis erectis primo subnudis dein divaricato-ramosis vestitis foliis dense imbricatis ad extremitatem ramulorum contortis ad apicem tantum liberis elongato-lanceolatis acuminatis mox integris mox sæpius laxe serratis, nervo valido usque ad apicem producto, cellulis basilaribus ad nervum ovoideis lanceolato-ovoideisve versus marginem folii sensim angustioribus dein elongato-quadratis ad medium regularissime ovatis quadratisve versus apicem minutissimis; capsulis in angulis aut lateribus ramulorum omnino immersis elongato-cylindricis lævibus, operculo a basi conoidea acuminato, peristomio duplici, externi plus minus obscuri denti-

bus dense trabeculatis 2-fidis, interni paulo longioris processibus subpellucidis longe bifidis margine et in superficie pulverulentis interdum ad apicem conjunctis; calyptra dimidium capsulæ obtegente late conica sine ulto pilorum vestigio.— Ad arborum truncos circa Apiahy Brasiliæ indefessus investigator detenit Dom. Puiggari.—O. subulato Mitt. affine sed foliis minime crenulatis, nervo apicem attingente aut subattingente, cellulis non papillosis, peristomii structura, calyptra sine ullo pilorum vertigio, etc. differt.

Tab. I, f. 4. *a* magn. natur. *b b* folia valde aucta. *c* cellulæ < 350. *d* capsula valde aucta. *e* peristomium < 400. *f* calyptra valde aucta.

Fabronia minutissima pusillima prostrata luteo-viridis ramis filiformibus gracillimis ascendentibus angustissime ramosis vix 5-8 millim. longis; foliis dense imbricatis erecto-patulis lanceolatis in acumen longum angustum productis serie 1-2 cellularum quadratarum marginatis profunde ciliato-serratis, nervo nullo, cellulis ovoideo-acuminatis basilaribus brevioribus, foliis perichætialibus angustioribus longius adhuc acuminatis nervo angusto usque ad medium folii producto; seta erecta stricta 2-3 millim. alta; capsula globosa, operculo..... peristomis simplicis dentibus 16 latissimis per paria approximatis a medio bifidis trabeculis 3-4 intervallis 1-2 superioribus perpendiculariter inferioribus transversaliter lineolatis; calyptra cuculliformi obtuse elongata capsulam obtegente. — In provincia Colemanya Chili collegit ill. Cumming, in herb. Hedwig-Schwægrichen nunc meo observata. — A Fabronia Wrightii et Ravenellii Lesq. et Sull. in coll. prima sub n° 251 et 252, in secunda sub n° 374 et 376 et in Sulliv. ic. Musc. n° 84 et 85 capsulis globosis et non cylindricis, foliis profunde dentatis (ut in ic. F. gymnostomæ) et peristomii dentibus differt.

Tab. II. *a* magn. natur. *b* plantula valde aucta. *b'* ramulus id. *c* fol. < 250. *d* fol. perichæt. id. *e* cellulæ < 250. *f* calyptra valde aucta. *g* dentes < 400.

Gen. novum MITRAPOMA.

Peristomium duplex, externi dentes e basi lata abrupte acuminati, interni processus pellucidi angusti e membrana alta oriundi. Calyptra mitræformis filamentosa basi in fimbrias multas complanatas articulatas divisa.— Plantæ humiles cespitosæ subsimplices foliis latis subenerviis areatione crassa. — Ab Hypopterygio cui affine in quo calyptræ dimidiatæ elongatæ glabræ breves capsulam non obtegentes, calyptris illis Macro-

mitrii analogis capsulam subobtegentibus diversum. — Setæ infra capsulam appendicibus foliaceo-squamosis filiformibus articulatis demum caducis munita. Nomen a μῖτρος et πῶμα operculum.

M. ciliatum, cespitosum, caule primario repente emitente ramulos erectos simplices basi nudiusculos demum foliosos 4-8 millim. altos ; foliis dilute viridibus plus minus laxis marginatis ad basin parietibus cellularum approximatis in nervum brevem coadunatis apiculatis a dimidio argute serratis ; cellulis latis rhomboideis acutis dissipimentis crassis ; setis axillaribus vaginulæ truncatæ squamulis folii-filiformibus minutis coronatis insidentibus lævibus teretibus primo ad apicem incurvatis a 4 ad 10 millim. altis sub capsula squamis foliaceis 1-4 filiformibus viridibus articulatis demum deciduis coronatis ; capsula ovata ovato-globosave scabra ; operculo e basi globoso-convexa acuminato : peristomii dentibus trabeculatis a dimidio ad basin linea anguste lanceolata distinctis inde anguste coarctatis, processibus pellucidis æqualibus laxe articulatis e membrana usque ad dimidium dentium alta oriundis ; calyptra cuneiformi basi dilatata dense fimbriata fimbriis plus minus divergentibus inæqualibus acuminatis articulatis usque ad mediam capsulam attingentibus. — Ad truncos arborum in sylvis humidis detexit oculatissimus Dom. Puiggari in provincia S^t Pauli Brasiliæ. — Plantula elegantissima.

Tab. II, f. 1. *a* plantæ magn. nat. *b* valde aucta. *c* fol. multoties auctum. *d* cellulæ < 350. *e* capsule valde aucta. *f* seta cum squamis et capsula multoties aucta. *g* peristomium < 400. *h* calyptra valde aucta.

Dans son volume classique (*Élém. de Botanique*, 2^e^ édit., p. 875), parlant des notions généralement admises relativement aux caractères des genres, M. Duchartre a constaté que les caractères génériques sont toujours pris dans les parties les plus essentielles des plantes, par conséquent, de la fleur et du fruit. En somme, les caractères tirés des parties végétales ne peuvent servir seuls à l'établissement de groupes génériques. « C'est la conviction que *mutatis mutandis*, cette règle doit s'appliquer aux familles de la Cryptogamie, tout particulièrement aux Mousses, qui m'a dirigé dans mes différentes publications sur les plantes de cette famille, et elle m'a contraint à conserver dans leurs anciens cadres des genres qui n'avaient été distingués que par des caractères purement végétatifs n'en présentant point dans la capsule et ses appendices de vraiment constants et distincts. Actuellement elle m'engage à proposer dans le genre *Lepidopilum*

des divisions appuyées sur des analyses anatomiques d'un des organes les plus importants dans la fructification, le peristome.

Ce genre Lepidopilum avait été établi par un des Bryologues dont les publications devraient, à mon avis, être étudiées d'un peu plus près par ceux qui s'occupent des Mousses, M. Bridel. Bien des espèces données comme nouvelles par certains auteurs se trouvent parfaitement décrites dans ses ouvrages, et tout particulièrement dans celui qui les résume, la *Bryologia universa*. C'est au t. II, p. 267, t. IX de cet ouvrage qu'il lui donne pour caractère essentiel : « *Peristomium duplex, exterius dentes 16 lineares erecti; interius cilia sedecim cum dentibus alternantia iisque æqualia basi medio fissa. Calyptra mitræformis integra frustulis seu paleis squamiformibus solidis scabra. Theca æqualis exannulata.* Il y rapportait 3 espèces : *L. subenerve* (Neckera scabriseta Schw.), *L. binerve* (Hookeria scabriseta Hook), *L. polytrichoïdes* Sw. (Neck. polytrichoïdes Schw.). Il ajoute comme caractère naturel que le pédoncule est hérissé de tubercules. Dès lors, un grand nombre d'autres espèces ont été découvertes, essentiellement dans l'Amérique du Sud. Elles ont été rassemblées par M. Mitten (Musei austro-americ. pp. 366 et suiv).

Ayant eu occasion d'étudier avec soin plusieurs espèces de ces Lepidopilum, j'ai été surpris de voir que l'on y comprenait des Mousses dont l'organisation péristomique présentait des différences de la plus haute importance. Bridel, comme nous venons de le rappeler, reconnaissait comme le constituant des dents linéaires droites, des processus (ce qu'il appelait des cils) fendus depuis leur moitié à la base. M. Mitten, dans le *conspectus generum*, ne fait aucune remarque à cet égard. Dans le corps des descriptions, p. 366, il dit « Peristomii dentibus lamina externa contracta angusta angusta rarissime cum interna coæquali, interni processibus angustis carinatis convexisve in membrana brevi impositis vel sessilibus. » Cette phrase peu exacte dans la plupart des cas en ce qui concerne l'inégalité des deux lames des dents, est même souvent contraire aux faits. Le péristome se présente sous deux formes différentes : dans la première, les dents et les processus sont à peu près d'égale longueur, les unes élargies à la base, trabéculées d'une manière très serrée, laissant au milieu un intervalle d'une nuance beaucoup plus claire et s'amincissant peu à peu en une pointe plus ou moins prolongée et acuminée. Dans la seconde, dents et processus sont beaucoup plus longs, à peu près égaux, beaucoup plus étroits dès la base; les dents sont bien encore trabéculées, mais les lignes sont beaucoup plus distantes; les processus très finement et longuement prolongés sont élégamment ponctués, plus ou moins fendus au milieu de

distance en distance et bordés par de petites glandes qui leur donnent une apparence pulvérulente. Dans ce groupe, deux formes se distinguent encore l'une de l'autre. Dans l'une, les trabéculations des dents sont plus épaisses, se relèvent en forme de côtes parallèles d'une couleur plus foncée et comme des petites arêtes dorsales. Dans la seconde, la forme générale des péristomes est la même, mais les dents excessivement roides ne sont pas dentées sur le dos. De là, si la première forme est appelée *Puiggaria*, du nom du savant qui me l'a envoyée, la seconde sera nommée *Acamptodon* (ἄκαμπτος, qu'on ne peut courber, et ὀδούς, dent) à cause de la rigidité des dents non épineuses.

Mais laquelle de ces formes diverses doit conserver l'ancien nom *Lepidopilum*, donné par Bridel à la Mousse nommée par Hedwig *Neckera scabriseta* et figurée par Schwägrichen (suppl. 1, p. 82), d'après un échantillon rapporté de la Guyanne par Richard, ou à la Mousse parfaitement décrite et représentée par Schwägrichen (3e supp. 1. 175*a*), d'après des échantillons de Hooker, venus de Mexico et publiés par celui-ci dans ses *Musci exolici*, p. 52, et qui appartiennent à la première des formes que je viens de signaler. L'herbier Hedwig-Schwägrichen tranche la question. La *Hookeria scabriseta* récoltée à Surinam par Richard appartient à la seconde forme; l'autre reçue de la Nouvelle-Fribourg (Brésil) par Schwägrichen et étiquetée *Neckera scabriseta* se rapporte à la première, qui est donc le vrai type du genre *Lepidopilum* Bridel. C'est celui que Bryol. universal. II, p. 248, il a nommé *L. subenerve*. C'est la Mousse qui est figurée sous le nom de *Hookeria scabriseta*, suppl. 2, p. 283. La première de ces formes renferme un bon nombre d'espèces habitant surtout le nord de l'Amérique australe, le Vénézuéla par exemple, la seconde les régions élevées du Brésil.

Novum genus PUIGARRIA.

Capsula globosa cylindrica cylindraceave in setis mediocribus glanduloso-asperis erectis inclinatis reflexisve, operculis ovato-acuminatis subulatisve, peristomio elongato erecto duplici, externi aequalis dentibus e basi latis sensim longe pugioniformibus subulatis nervo discolori cylindrico cristato-dentato et sic lateraliter viso dentato apparente alis plus minus latis decolorantibus, processibus longitudine et forma similibus plus minus fenestratis punctulatis punctis dissepimenta pellucida relinquentibus; calyptra capsulam primo involvente longe glanduloso-ramentacea basi fimbriata. — Musci mediocres erecti dense foliacei, seta glanduloso-scaberrima.

P. elegans (in litt. ad. Dom. Puiggari, Febr. 1879), laxe cespitosa flavo-viridis

parum ramosa, ramis e basi assurgentibus 2-4 centim. altis plus minus erectis; foliis dense confertis plumoso-distichis subæqualibus e basi subangustiore sensim anguste lanceolatis acuminatis serratis, nervis binis vix distinguendis ad medium evanidis, cellulis basilaribus latis sub nervis elongatis cæteris lanceolatis utrinque acuminatis, terminali solitaria, foliis perichætialibus conformibus; setis densissime glanduloso-scabris striatis 6-8 millim. altis gracilibus purpureis; capsula mox erecta mox cernua, mox reflexa purpurea anguste cylindrico-ovata; operculo lævi extinctorii formi acuminato lævi; peristomii longi dentibus primo intertextis demum divaricatis externis angustissimis dense trabeculatis nervo rubro in parte externa cristato prominulis et a latere visis dentati apparentibus, interni processibus e basi oriundis pallescentibus punctulatis, ciliis o; calyptra piloso-ramentacea cito decidua. — Ad arborum truncos in vicinio Apiahy collegit oculatissimus Dom. Puiggari.

Tab. III, f. 1. *a*, *a'* magn. natur. *b* valde aucta. *c* fol. valde auctum. *c'* cellulæ < 350. *d* caps. valde aucta cum operculo. *e* eadem sine operculo. *f* peristomium < 400. *f'* dentes quorum unus a latere visus. *g* calyptra.

P. splendens, cespitosa, splendide-virens aut aureo-lutescens ramosa, ramis a basi assurgentibus 3-4 centim. altis erectis; foliis confertis plumoso-distichis subæquælibus late lanceolatis sensim acuminatis subintegris, nervis binis vix usque ad medium folium attingentibus, cellulis inferioribus minoribus ovatis, cæteris elongatis anguste lanceolatis utrinque acuminatis; setis brevioribus dense glanduloso-scabris strictis 5-6 millim. altis divergentibus purpureis; capsulis erectis nigro-purpureis anguste cylindrico-lanceolatis, operculo lævi extinctorii formi acuminato, peristomio prioris sed dentibus latioribus; calyptra breviore hirsuto-lanata ad basin longe lacimato-fissa in parte superiore glabella. — Ad truncos prope Apiahy detexit Dom. Puiggari.

Tab. II, f. 4. *a* magn. nat. *b* folia valde aucta. *c* cellulæ < 350. *d* capsul. et operculum valde aucta. *d'* setæ fragm. adhuc magis auctum. *e* calyptra. *f* peristomii dens. *f'* a latere visus. *g* processus < 400.

P. ovalifolia minor, laxe cespitosa intense viridis, ramis paucioribus divergentibus 1-1 $^1/_2$ centim. longis plus minus incurvis; foliis mox dense plerumque laxe confertis imbricatis erecto-patentibus plicatis subdistichis subæqualibus e basi angusta late ovatis acuminato-acutis breviter et laxe in parte superiore serratis, nervis binis usque ad medium folii attingentibus; cellulis grossis, basilaribus late ovatis, mediis elongato-ovatis utrinque acuminatis superioribus imprimis terminalibus regulariter ovato-glo-

bosis apicali solitaria ovali; setis flexuosis dense glanduloso-scabris incurvo-erectis 6-8 millim. altis purpureis; capsulis mox erectis mox cernuis purpureis, mox inverse pyramidatis mox late cylindricis; operculo lævi e basi subglobosa subuliformi; peristomii longi dentibus primo intertextis demum divaricatis augustis a basi sensim longe acuminatis dense trabeculatis nervo rubro in parte externa cristato-prominulo, interni processibus e basi oriundis dilutioribus punctulatis et linea lucidiori stricta usque ad apicem percursis; ciliis o, calyptra viridescente mox decidua basi capsulam usque ultra medium amplectente scabra. Ad arborum truncos prope Apiahy collegit. Dom. Puiggari.

Tab. III, f. 4. *a* magn. natur. *b* fol. valde auctum. *c* cellulæ < 350. *d* capsula. *e* dens et processus e facie. *e'* a latere visi < 400. *f* capsul. et calyptra auctæ.

Huic generi pertinent Lepidopilum Deppeanum C. Mull.; L. radicale Spruce; L. pungens, et cæt.

Novum Genus ACAMPTODOUS.

Seta glanduloso-scabra; capsula cylindrica operculo e basi globosa acuminato subulato; peristomium duplex rigidissimum, externi dentes sensim pugioniformi-subulati nervo crasso percursi a dimidia parte in pulvinulos congestos discoideos utrinque rotundos congesti, interni processus longitudine et forma similes pallidi in superficie et margine densissime punctulati, in medio fere ab apice usque ad basin linea vacua percursi. Calyptra minus quam in Puiggaria pilosa et etiam subglabra basi longe fimbriata infra mediam capsulam descendens. — Musci mediocres ramis utrinque divergentibus dense foliaceis.

Huic generi referenda Lepidopilum pectinatum Spruce; L. Grevilleanum Spruce; L. flexifolium C. Mull. et cæt.

Hookeria sarmentosa, prostrata caules filiformes brunneos contortos intertextos flexuosos subpinnatim ramosos 1-3 cent. altos producens, ramis divaricatis flexuosis foliis marcescentibus obtectis hinc inde ramulos emittentes folia patentia tenerrima pellucida siccitate plus minus complicata late ovata mucronata versus apicem grosse serrata a medio ad basin marginata, nervis 2 grossis divergentibus inæqualibus fere usque ad apicem attingentibus, cellulis laxissimis plus minus regulariter quadratos ovatis dissepimentis grossis; setis tenuissime filiformibus flexuosis 2-2 $^1/_2$ centim. altis; capsulis primo reflexis dein setæ contorsione erectis ovato-globosis globosisve

nigro-brunneis sub peristomio patulo contractis vix 1-1 $^1/_2$ millim. altis; peristomio duplici externi dentibus pugioniformibus longe acuminatis erecto-incurvis dense trabeculatis excepto acumine linea mediana latiore pallidiore notatis, interni processibus subæqualibus acuminatissimis carinatis hinc inde fenestratis e membrana ad tertiam dentium altitudinem prominente productis, operc... calyptra... Ad truncos putridos in vicinio Apiahy a Dom. Puiggari cum aliis Hookeriis detecta. — H. divaricatæ Dozy et Molk. prod. bryol. Surinam et Venezuel., p. 49, tab. 13 affinis.

Tab. I, f. 1. *a* magnit. natur. *a'* structura rami < 300. *b* capsula valde aucta. *c* folium auctum. *d* cellulæ < 400. *e* peristomium.

Hookeria Langsdorfii Hook, musc. exotici tab. 121!

Cette jolie espèce, publiée pour la première fois par Hooker, a été assez mal comprise pour que je ne profite pas de ce que j'ai les moyens de lui assigner sa place réelle, pour en donner un dessin fait sur l'échantillon type authentique.

M. le docteur et professeur Hampe, en 1872, a publié une nouvelle espèce qu'il a nommée *H. Beyrichiana*, à laquelle il réunissait l'H. Langsdorfii de l'herbier Beyrich, en ajoutant « Hook. Langsdorfii Hook. ab Hornschuchio etiam Schwægrichenio non rite cognita alterius exponenda persuásus sum. » En 1874, il a constitué une nouvelle espèce qu'il a nommée H. Hornschuchiana, puis dans son Enumeratio Muscorum, etc., il lui rapporte l'H. Langsdorfii Hook. A la p. 64, il conserve l'H. Langsdorfii comme espèce à part et fait de la mousse figurée et publiée par Schwægrichen, tab. 162, et décrite dans le Supplementum 2, II, p. 34, une nouvelle espèce qu'il appelle H. Schwægrichenii.

Or, je possède dans l'herbier Hedwig-Schwægrichen l'échantillon même que Hooker avait envoyé à Schwægrichen et que celui-ci a publié dans son supplément, tab. 162. La description qu'il en donne est excellente, mais dans la planche les feuilles sont représentées d'une manière imparfaite. Il en est au reste de même dans celle de Hooker. Il n'y a donc pas lieu de faire deux espèces de la même mousse, et le nom de *H. Schwægrichenii* doit être supprimé. Quant à la H. Hornschuchiana, c'est une espèce différente parfaitement caractérisée par Hampe, Symb. 74, p. 509.

La plante que mentionne Schw. comme variété (l. c., p. 35) est la *H. caldensis* Armstr. Je crois utile de donner ici (Tab. I, f. 3) une figure exacte des feuilles de l'espèce authentique de Hooker et de Schwægrichen. *a. a.* feuilles. *b. b.* cellules < 300.

Fig. 1.

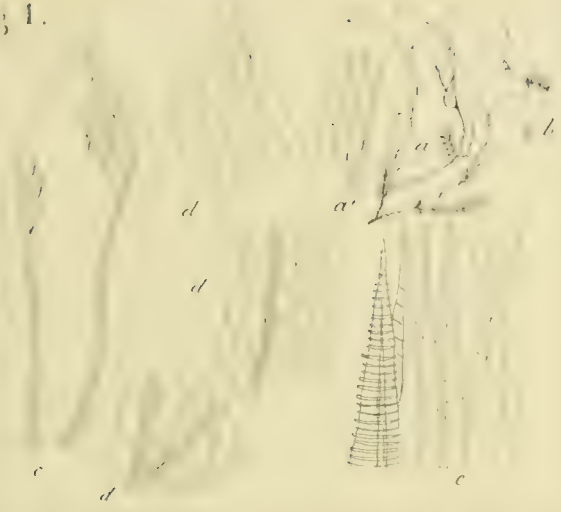


Fig. 2.

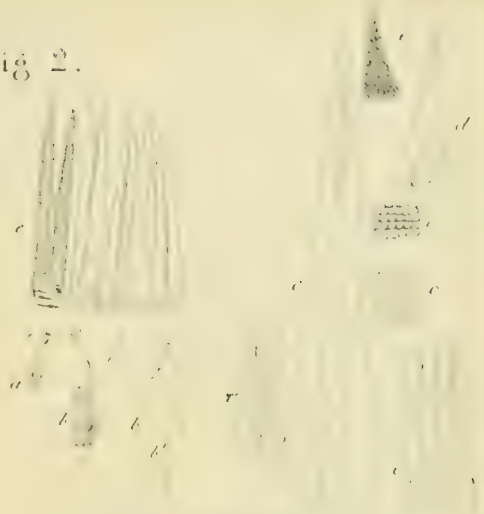


Fig. 3.

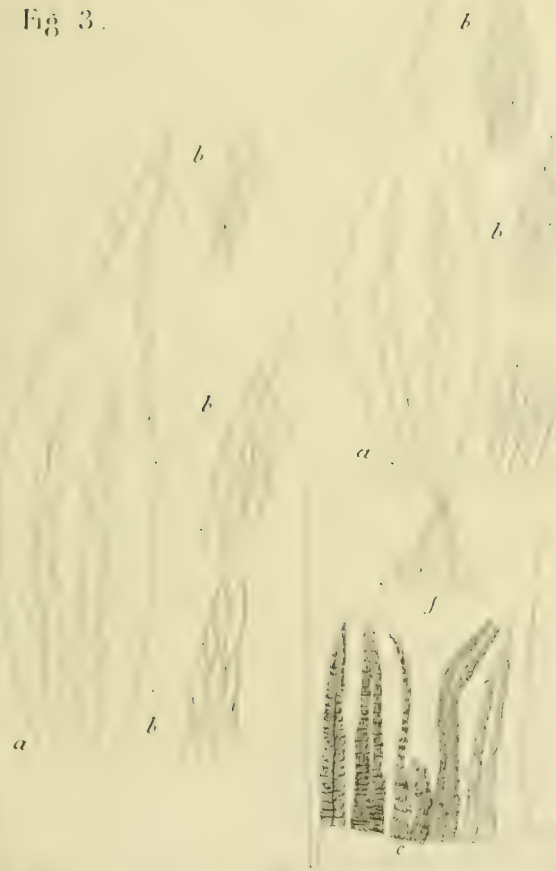
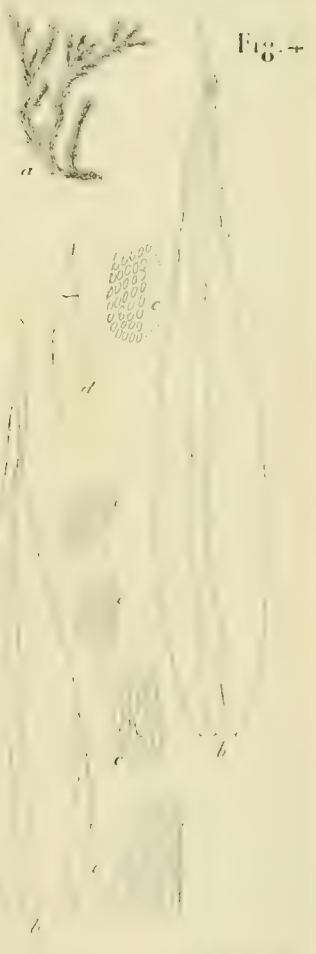


Fig. 4.



1. *Hookeria sarmentosa*
2. *Ptychomitrium Cummingii*
3. *Hookeria Langsdorfii (spec. authent.)*
4. *Orthotrichum Puiggarii*

Fig. 1.

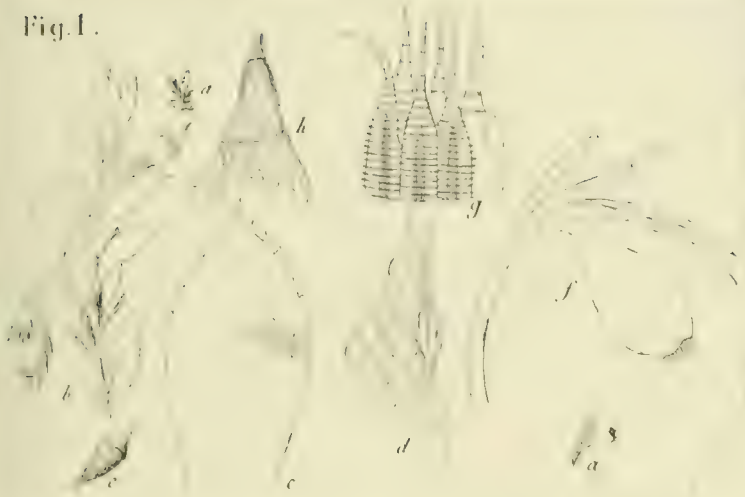


Fig. 2

Fig. 3

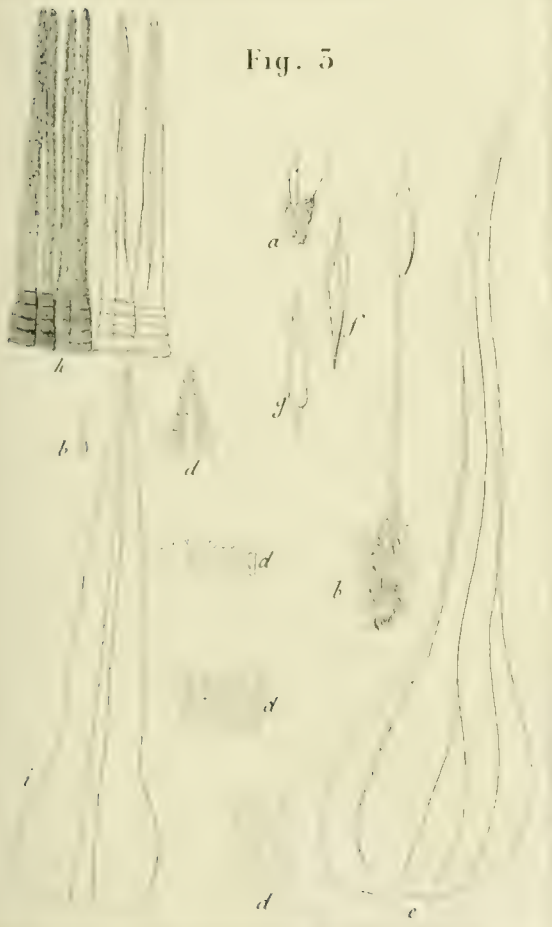


Fig. 4

1. *Mitrapoma ciliata*
2. *Fabronia minutissima*
3 *Brachysteleum isoskelos*
4 *Puiggaria splendens*

Fig. 1.

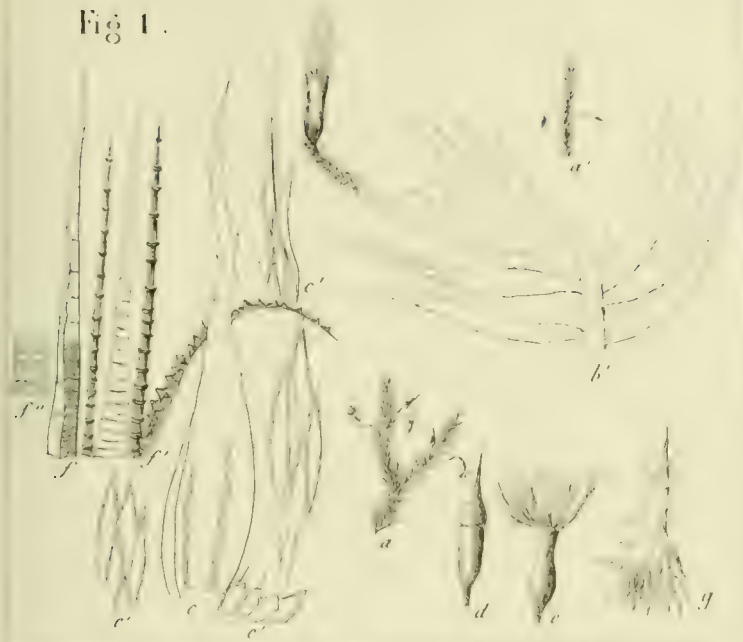


Fig. 2.

Fig. 3.

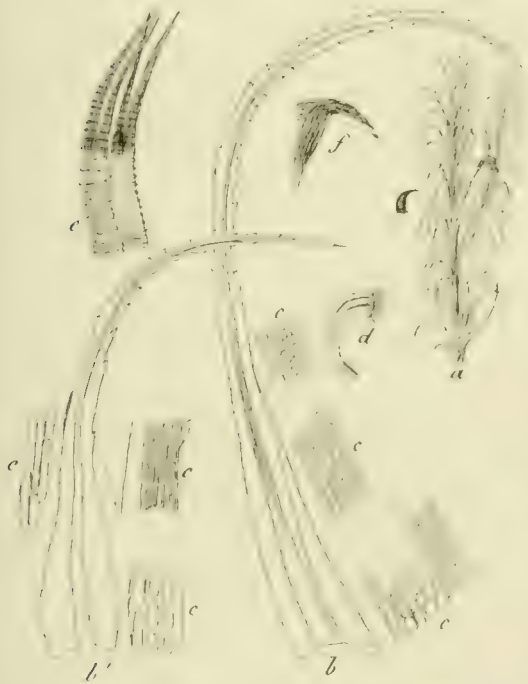
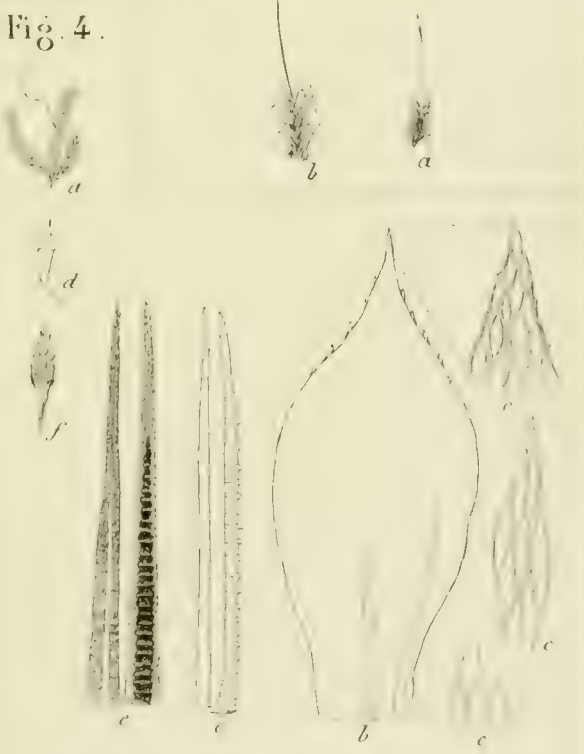


Fig. 4.



1. *Puiggaria elegans*.
2. *Tortula jugicola*.
3. *Bartramia recurvifolia*
4. *Puiggaria ovalifolia*.

NOUVEAU MODE

DE

DISCUSSION DE LA PROPAGATION DU MOUVEMENT

DANS UN MILIEU ÉLASTIQUE

PAR

M. C. CELLÉRIER

Lorsque dans un milieu élastique indéfini en tous sens il se produit un ébranlement initial renfermé dans un espace restreint, on représente en général les trois composantes des écarts moléculaires et des vitesses par des fonctions arbitraires, supposées nulles en dehors de cet espace; chacune d'elles se décompose au moyen de la formule de Fourier en une somme de plusieurs autres, plus simples, de la forme $a \cos \rho p$, dans lesquelles p est la distance du point variable (x, y, z) à un plan fixe, a et ρ des quantités constantes. Il entre dans chaque fonction simple six paramètres variant de l'une à l'autre.

On réduit alors à la fois toutes les fonctions initiales à un terme unique de cette forme, où les paramètres aient la même valeur, ce qui permet de déterminer le mouvement produit, nommé mouvement simple. Une fois ces mouvements connus, il reste à les composer, c'est-à-dire à effectuer une intégration sextuple par rapport aux paramètres; elle ne

peut se faire en entier, mais par des transformations plus ou moins laborieuses on peut la pousser assez loin pour obtenir des résultats comparables aux observations.

La formule de Fourier, outre les complications que présente la marche précédente, a un inconvénient réel : l'intégration s'effectue entre des limites infinies, et pour trois des paramètres, si l'on commence par eux, le résultat serait indéterminé ; aussi ne peut-on point, sans quelques précautions, différencier la somme tout entière sous le signe d'intégration. L'inconvénient serait augmenté encore si la fonction que la formule a pour but de représenter ne satisfaisait pas la condition d'être nulle en dehors d'un espace restreint, mais ce point de vue général étant sans utilité, nous supposerons constamment la condition précédente satisfaite.

Dans ce cas on verra que la formule de Fourier peut être remplacée par une autre où il n'y a à effectuer que quatre intégrations, toutes entre des limites finies, de sorte qu'elle ne comporte aucune indétermination.

Chaque fonction initiale se trouvera de la sorte décomposée en une somme de fonctions simples, et en les remplaçant toutes comme ci-dessus par un terme unique, le mouvement qui en résulte sera une onde plane limitée, qui se détermine aisément. Celui-là est en quelque sorte plus rapproché de la réalité que les mouvements simples déduits de la formule de Fourier, et une partie des transformations qu'exigeaient ces derniers se trouvent déjà effectuées d'avance. La surface des ondes est pour ainsi dire l'enveloppe intérieure des ondes planes qui se propagent en tous sens, et dans le cas même d'un milieu cristallisé on détermine aisément ce que devient le mouvement à une grande distance du centre d'ébranlement. Dans cette détermination se trouve employée une relation remarquable, soit entre les rayons de courbure des surfaces déduites, soit entre ceux des sections normales et des contours apparents de la surface projetée sur les plans sécants.

Dans le cas d'un milieu isotrope, on retrouve par une autre voie les intégrales complètes de Poisson.

§ 1. Transformation de la formule de Fourier.

En désignant par $f(x, y, z)$ une fonction arbitraire de trois variables, la formule de Fourier a la forme suivante :

$$f(x, y, z) = \frac{1}{8\pi^3}\iiint\iiint f(x', y', z')\cos\Big[u(x'-x)+v(y'-y)+w(z'-z)\Big]dx'\,dy'\,dz'\,du\,dv\,dw$$

les six intégrations ayant pour limites $\pm\infty$. On peut considérer x, y, z comme étant les coordonnées d'un point M par rapport à trois axes rectangulaires, d'origine O; la fonction f est supposée nulle quand M est en dehors d'un espace restreint.

En même temps l'intégration relative à u, v, w, peut être remplacée par une autre s'étendant à tous les éléments de volume $du\,dv\,dw$ de l'espace, les coordonnées de chacun étant u, v, w. Supposons qu'on partage en éléments ω une surface sphérique ayant O pour centre et pour rayon l'unité; on circonscrira à chacun d'eux un cône de sommet O, et en le partageant par des surfaces sphériques concentriques de rayon variable ρ, on pourra remplacer $du\,dv\,dw$ par $\omega\rho^2 d\rho$.

Nous conviendrons constamment de nommer cosinus d'une droite ceux des angles qu'elle fait avec les axes; en désignant par α, β, γ ceux du rayon aboutissant à l'élément ω, on aura en même temps

$$u = \alpha\rho \qquad v = \beta\rho \qquad w = \gamma\rho$$

En posant en outre pour abréger

$$p = \alpha x' + \beta y' + \gamma z' \qquad p_1 = \alpha x + \beta y + \gamma z$$

la formule deviendra

$$f(x, y, z) = \frac{1}{8\pi^3}\Sigma\, U\omega,\ U = \iiint f(x', y', z)\,dx'\,dy'\,dz'\int_0^\infty \rho^2\cos\rho\,(p-p_1)\,d\rho$$

Les intégrations relatives à x', y', z', ont pour limites $\pm\infty$, mais ne s'étendent en réalité, comme on l'a vu, qu'à un intervalle fini. L'intégrale relative à ρ cessera d'être indéterminée si l'on introduit sous le signe un facteur $e^{-g\rho}$, g étant une quantité positive qu'on fera converger vers o après l'intégration; ce procédé, peu rigoureux en lui-même, n'a pas d'inconvénient, attendu que la formule, une fois trouvée, sera vérifiée rigoureusement.

On aura ainsi

$$\int_0^\infty \rho^2 e^{-g\rho} \cos\rho\,(p-p_1)\,d\rho = -\frac{d^2}{dp^2}\cdot\int_0^\infty e^{-g\rho}\cos\rho\,(p-p_1)\,d\rho = -\frac{d^2}{dp^2}\cdot\left[\frac{g}{g^2+(p-p_1)^2}\right]$$

Ensuite comme α, β, γ sont constantes dans l'expression U, nous pouvons supposer x', y', z' exprimées en fonction de nouvelles coordonnées p, p', p'', l'axe OP parallèle à la première ayant pour cosinus α, β, γ; alors p aura bien la valeur $\alpha x' + \beta y' + \gamma z'$ qui lui est attribuée ci-dessus; $f(x', y', z')$ se changera en une autre fonction de la forme $f'(p, p', p'')$ et on devra remplacer $dx'\,dy'\,dz'$ par $dp\,dp'\,dp''$. L'expression qui multiplie f' étant indépendante de p' et p'', on pourra intégrer de suite par rapport à celles-ci; le résultat n'étant plus fonction que de p, on posera

$$\iint f'(p, p', p'')\,dp'\,dp'' = \mathrm{F}(p),$$

d'où résulte

$$\mathrm{U} = -\int_{-\infty}^{\infty} \mathrm{F}(p)\cdot\frac{d^2}{dp^2}\left[\frac{g}{g^2+(p-p_1)^2}\right]dp.$$

En intégrant deux fois par partie, $\mathrm{F}(p)$ disparaîtra aux deux limites; on aura

$$\mathrm{U} = -\int_{-\infty}^{\infty} \varphi(p)\cdot\frac{g\,dp}{g^2+(p-p_1)^2}, \quad \varphi(p) = \frac{d^2\,\mathrm{F}(p)}{dp^2}.$$

Substituant $p=p_1+gq$, q étant une nouvelle variable, il vient

$$U=-\int_{-\infty}^{\infty}\varphi'(p_1+gq)\,\frac{dq}{q^2+1}.$$

Quand g converge vers o, $\varphi(p_1+gq)$ se réduit à la constante $\varphi(p_1)$; il est inutile d'entrer dans le détail de cette vérification, pour la même raison que ci-dessus; on aura ainsi

$$U=-\varphi'(p_1)\int_{-\infty}^{\infty}\frac{dq}{q^2+1}=-\pi\varphi'(p_1).$$

L'intégrale exprimée par $F(p)$ s'étend à tous les éléments $dp'dp''$ d'un plan où p est constant. On désignera par ω' l'élément et l'on remplacera $f'(p,p',p'')$ par la fonction $f(x',y',z')$ qui a en chaque point la même valeur. Substituant en outre celles de p_1 et U, on trouvera l'énoncé suivant :

Si $f(x,y,z)$ est une fonction arbitraire des coordonnées x, y, z d'un point variable, assujettie à être nulle quand le point est extérieur à une région limitée, on aura, quel que soit ce point,

$$f(x,y,z)=-\frac{1}{8\pi^2}\Sigma\varphi'(\alpha x+\beta y+\gamma z)\,\omega, \tag{1}$$

la somme Σ s'étendant à tous les éléments ω d'une surface sphérique ayant pour rayon l'unité et pour centre l'origine, α, β, γ étant les cosinus du rayon aboutissant à l'élément ω; on suppose $\varphi'(p)=\frac{d^2F(p)}{dp^2}$, $F(p)$ représentant l'intégrale

$$F(p)=\Sigma f(x',y',z')\,\omega' \tag{2}$$

étendue à tous les éléments ω' du plan dont l'équation est $\alpha x'+\beta y'+\gamma z'=p$. Dans la différentiation par rapport à p, on regarde α, β, γ comme constants.

§ 2. **Vérification de la formule précédente.**

Pour former la valeur générale de $\varphi(p)$, nous nommerons x'', y'', z'' les coordonnées du point (x', y', z') par rapport à de nouveaux axes résultant d'une rotation $\varphi + \frac{1}{2}\pi$ autour de celui des z; on aura

$$x' = -x'' \sin\varphi - y'' \cos\varphi \ , \ y' = x'' \cos\varphi - y'' \sin\varphi \ , \ z' = z'' \ ;$$

faisant ensuite tourner les axes d'un angle θ autour de celui des x'', et nommant p, p', p'' les nouvelles coordonnées, on aura

$$x'' = p' \ , \ y'' = p'' \cos\theta - p \sin\theta \ , \ z'' = p'' \sin\theta + p \cos\theta.$$

En substituant ces valeurs dans les précédentes, et désignant par α, β, γ, les coefficients de p dans x', y', z', on aura

$$\alpha = \sin\theta \cos\varphi \ , \ \beta = \sin\theta \sin\varphi \ , \ \gamma = \cos\theta.$$

Ce seront les cosinus de l'axe OP par rapport aux axes primitifs; θ et φ seront ses coordonnées polaires, et l'on pourra remplacer ω par $\sin\theta d\theta d\varphi$ dans l'équation (1); pour vérifier celle-ci on posera

$$K = \Sigma \varphi (\alpha x + \beta y + \gamma z) \sin\theta \, d\theta \, d\varphi$$

et l'on cherchera si le second membre se réduit à $-8\pi^2 f(x, y, z)$.

En supposant $f(x', y', z')$ exprimé en fonction de p, p', p'', on pourra différentier l'équation (2) par rapport à p qui reste constant dans l'intégration relative à ω' ; en désignant la fonction par f pour abréger, on aura quelque soit p,

$$\varphi(p) = \frac{d^2 . F(p)}{dp^2} = \Sigma \frac{d^2 f}{dp^2} \omega' ,$$

$$\frac{d^2 f}{dp^2} = \frac{d^2 f}{dx'^2} \alpha^2 + \frac{d^2 f}{dy'^2} \beta^2 + \frac{d^2 f}{dz'^2} \gamma^2 + 2 \frac{d^2 f}{dy' dz'} \beta\gamma + 2 \frac{d^2 f}{dz' dx'} \gamma\alpha + 2 \frac{d^2 f}{dx' dy'} \alpha\beta. ;$$

On devrait après les différentiations remplacer x', y', z' par leurs valeurs, et substituer en outre $p=\alpha x+\beta y+\gamma z$; cela fait, le plan auquel s'étend l'intégrale (2) passe au point M qui avait pour coordonnées x, y, z; en désignant par p_1, p'_1, p''_1, ses nouvelles coordonnées, il sera préférable de remplacer encore p, p', p'' par p_1, $p'_1+r\cos\psi$, $p''_1+r\sin\psi$, de sorte que r et ψ désigneront les coordonnées polaires de l'élément ω' par rapport à l'origine M; on aura par suite $\omega'=rdrd\psi$; quant à x', y', z', les termes en p_1, p'_1, p''_1, qu'elles contiennent auront nécessairement pour valeur x, y, z; les autres s'obtiendront par les substitutions qui précèdent. On trouvera ainsi

$$x' = x - r\,[\cos\psi\sin\varphi + \cos\theta\sin\psi\cos\varphi],$$

$$y' = y + r\,[\cos\psi\cos\varphi - \cos\theta\sin\psi\sin\varphi],$$

$$z' = z + r\sin\theta\sin\psi.$$

Nous nommerons c une distance telle que la fonction f soit constamment nulle quand $r>c$. On substituera les valeurs précédentes dans $\varphi(p)$ qui se changera alors en $\varphi(\alpha x+\beta y+\gamma z)$, et il en résultera

$$\mathrm{K} = \int_0^c dr \int_0^{\pi} d\theta \int_0^{2\pi} d\psi \int_0^{2\pi} \mathrm{V}\, d\varphi\,, \quad \mathrm{V} = \frac{d^2 f}{dp^2}\, r\sin\theta.$$

On posera pour abréger

$$\frac{df}{dx'} = \mathrm{P}\,, \quad \frac{df}{dy'} = \mathrm{Q}\,, \quad \frac{df}{dz'} = \mathrm{R}\,.$$

et d'après les valeurs de α, β, γ, on aura

$$\mathrm{V} = \frac{d\mathrm{R}}{dz'}\, r\cos^2\theta\sin\theta + 2\left(\frac{d\mathrm{R}}{dx'}\cos\varphi + \frac{d\mathrm{R}}{dy'}\sin\varphi\right) r\cos\theta\sin^2\theta +$$

$$+\left(\frac{d\mathrm{P}}{dx'}\cos\varphi + \frac{d\mathrm{P}}{dy'}\sin\varphi\right) r\sin^2\theta\cos\varphi + \left(\frac{d\mathrm{Q}}{dx'}\cos\varphi + \frac{d\mathrm{Q}}{dy'}\sin\varphi\right) r\sin^2\theta\sin\varphi.$$

En nommant U une fonction quelconque des seules lettres x', y', z', posant

$$U' = \frac{dU}{dx'}\cos\varphi + \frac{dU}{dy'}\sin\varphi\ ,\quad U'' = \frac{dU}{dy'}\cos\varphi - \frac{dU}{dx'}\sin\varphi\ ,$$

on trouvera, en supposant substituées les valeurs de x', y', z'.

$$\frac{dU}{dr} = \frac{dU}{dz'}\sin\theta\sin\psi - U'\cos\theta\sin\psi + U''\cos\psi$$

$$\frac{dU}{r\,d\psi} = \frac{dU}{dz'}\sin\theta\cos\psi - U'\cos\theta\cos\psi - U''\sin\psi$$

$$\frac{dU}{r\,d\theta} = \frac{dU}{dz'}\cos\theta\sin\psi + U'\sin\theta\sin\psi$$

$$\frac{dU}{r\,d\varphi} = -U'\cos\psi - U''\cos\theta\sin\psi.$$

On en tire les formules de réduction suivantes :

(3) $$\frac{dU}{dz'}\sin\theta\sin\psi = \frac{dU}{dr} + U'\cos\theta\sin\psi - U''\cos\psi$$

(4) $$\frac{dU}{dz'}\sin\theta = \frac{dU}{dr}\sin\psi + \frac{dU}{r\,d\psi}\cos\psi + U'\cos\theta$$

(5) $$U'' = \frac{dU}{dr}\cos\psi - \frac{dU}{r\,d\psi}\sin\psi$$

(6) $$U' = -\frac{dU}{dr}\cos\theta\sin\psi - \frac{dU}{r\,d\varphi}\cos\psi + \frac{dU}{r\,d\theta}\sin.\theta\sin\psi$$

(7) $$\frac{dU}{r\,d\varphi}\sin\psi = \frac{dU}{r\,d\psi}\cos\theta\sin\psi - \frac{dU}{r\,d\theta}\sin\theta\cos\psi.$$

Il est à remarquer que dans la valeur de K on pourra intégrer chaque terme de V dans un ordre arbitraire. Les deux premiers, d'après la formule (4), peuvent être remplacés par

$$\left(\frac{dR}{dx'}\cos\varphi + \frac{dR}{dy'}\sin\varphi\right)r\cos\theta\,(\cos^2\theta + 2\sin^2\theta) + \left(\frac{dR}{dr}r\sin\psi + \frac{dR}{d\psi}\cos\psi\right)\cos^2\theta,$$

et la seconde partie de cette expression, ou

$$\left(\frac{d.\,\mathrm{R}\,r}{dr}\sin\psi+\frac{d.\,\mathrm{R}\cos\psi}{d\psi}\right)\cos^2\theta$$

disparaît en intégrant par rapport à r ou ψ. La première partie d'après la formule (6) est égale à

$$\left(-\frac{d\,\mathrm{R}}{dr}\,r\cos\theta\sin\psi-\frac{d\,\mathrm{R}}{d\varphi}\cos\psi+\frac{d\,\mathrm{R}}{d\theta}\sin\theta\sin\psi\right)\cos\theta\,(2-\cos^2\theta)$$

ou à

$$\left(-\frac{d.\,\mathrm{R}\,r}{dr}\cos\theta\sin\psi-\frac{d\,\mathrm{R}}{d\varphi}\cos\psi\right)\cos\theta\,(2-\cos^2\theta)+\mathrm{R}\sin^2\theta\,(2-3\cos^2\theta)\sin\psi$$
$$+\frac{d.\,\mathrm{R}\sin\theta\cos\theta\,(2-\cos^2\theta)}{d\theta}\sin\psi,$$

dont le premier et le troisième terme disparaissent en intégrant.

En posant

$$\mathrm{P}\cos\varphi+\mathrm{Q}\sin\varphi=\mathrm{H}\ ,\quad \mathrm{Q}\cos\varphi-\mathrm{P}\sin\varphi=\mathrm{H}',$$

les deux derniers termes de V, au moyen de la formule (6), se changent en

$$-\frac{d\,\mathrm{H}}{dr}\,r\sin^3\theta\cos\theta\sin\psi+\frac{d\,\mathrm{H}}{d\theta}\sin^4\theta\sin\psi-\left(\frac{d\,\mathrm{P}}{d\varphi}\cos\varphi+\frac{d\,\mathrm{Q}}{d\varphi}\sin\varphi\right)\sin^2\theta\cos\psi,$$

ou

$$-\frac{d.\,\mathrm{H}\,r}{dr}\sin^3\theta\cos\theta\sin\psi+\frac{d.\,\mathrm{H}\sin^4\theta}{d\theta}\sin\psi-3\,\mathrm{H}\sin^3\theta\cos\theta\sin\psi$$
$$-\frac{d\,\mathrm{H}}{d\varphi}\sin^3\theta\cos\psi+\mathrm{H}'\sin^3\theta\cos\psi,$$

et en supprimant encore les termes qui se détruisent, il restera en tout

$$\mathrm{K}=\int_0^c\int_0^{\pi}\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi}\mathrm{V}'\,d\varphi\,d\psi\,d\theta\,dr,$$

en posant

$$V' = \frac{df}{dz'}(2 - 3\cos^2\theta)\sin^2\theta\sin\psi + (H'\cos\psi - 3H\cos\theta\sin\psi)\sin^3\theta.$$

Transformant le premier terme au moyen de la formule (3), on trouvera

$$V' = \frac{df}{dr}(2 - 3\cos^2\theta)\sin\theta - H\sin\theta\cos\theta\sin\psi + H'\sin\theta(2\cos^2\theta - 1)\cos\psi.$$

D'après les formules (5) et (6), cette quantité peut s'écrire

$$V' = V'' + V''', \quad V'' = \frac{df}{dr}\sin\theta[2 - 3\cos^2\theta + \cos^2\theta\sin^2\psi + (2\cos^2\theta - 1)\cos^2\psi]$$

$$V''' = \frac{df}{rd\varphi}\sin\theta\cos\theta\sin\psi\cos\psi - \frac{df}{rd\theta}\sin^2\theta\cos\theta\sin^2\psi$$

$$- \frac{df}{rd\psi}(2\cos^2\theta - 1)\sin\theta\sin\psi\cos\psi.$$

Il faut remarquer que V′ sous sa forme primitive ne contenait point r en dénominateur; ainsi la valeur de K ne serait point changée si l'on intégrait de $r=\varepsilon$ à $r=c$, ε étant un petit nombre que l'on devrait faire converger vers o après l'intégration. Cela permet d'employer r comme dénominateur dans la valeur de V‴; les termes qui disparaîtront par l'intégration relative à θ, ψ, ou φ seront encore nuls à la limite où $\varepsilon=o$ et pourront par suite être supprimés. Tel est le cas du premier terme de V‴, mais au lieu de le supprimer, on changera son signe pour simplifier les autres au moyen de la formule (7); la valeur de K n'en sera point altérée et l'on aura

$$V''' = \frac{df}{rd\theta}(\cos^2\psi - \sin^2\psi)\sin^2\theta\cos\theta - \frac{df}{rd\psi}(3\cos^2\theta - 1)\sin\theta\sin\psi\cos\psi,$$

ou identiquement

$$V''' = (\cos^2\psi - \sin^2\psi)\frac{d.f\sin^2\theta\cos\theta}{d\theta} - \frac{d.f\sin\psi\cos\psi}{rd\psi}(3\cos^2\theta - 1)\sin\theta.$$

Ces termes s'annulant encore, il restera

$$K = \int_0^c \int_0^{\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} V'' \, d\varphi \, d\psi \, d\theta \, dr.$$

Or V'' se réduit à $\frac{df}{dr} sin^3\theta \, (1+sin^2\psi)$, et en intégrant par rapport à r, $\frac{df}{dr}$ se change en $-f$, où l'on doit faire $r=o$, c'est-à-dire en $-f(x,y,z)$, quantité indépendante de ψ, θ, φ, d'où résulte

$$K = -2\pi f(x,y,z) \int_0^{\pi} \int_0^{2\pi} (1+\sin^2\psi) \sin^3\theta \, d\psi \, d\theta = -8\pi^2 f(x,y,z).$$

C'est la relation qu'il y avait à vérifier.

§ 3. **Mouvement d'un milieu élastique.**

Nous supposerons le milieu homogène, indéfini en tous sens. Dans le cas où il n'est pas isotrope, nous prendrons ses axes d'élasticité pour ceux des x, y, z. Pour tout point du milieu dont les coordonnées sont x, y, z à l'état naturel, nous désignerons par $x+u$, $y+v$, $z+w$ ce qu'elles deviennent au bout du temps t, de sorte que u, v, w seront des fonctions de x, y, z, t exprimant les projections de l'écart moléculaire. Nous supposerons que pour $t=o$ on ait

$$u = f'_1, \quad v = f'_2, \quad w = f'_3, \quad \frac{du}{dt} = f_1, \quad \frac{dv}{dt} = f_2, \quad \frac{dw}{dt} = f_3,$$

f_1, f'_1, f_2, etc., étant des fonctions données des coordonnées d'un point quelconque; ces fonctions n'auront de valeurs différentes de o que si le point est compris dans une certaine région limitée, et dans ce cas on peut le supposer intérieur à une petite sphère qui sera appelée *sphère initiale*.

Nous pouvons exprimer chacune d'elles par la formule (1) et pour cela nous nommerons sphère S celle qui a pour centre l'origine et pour rayon l'unité; P sera la position de son élément quelconque ω; α, β, γ les cosinus d'OP; nous appellerons *abscisses normales* les distances comptées sur OP, prises négativement si elles tombent du côté opposé à P; M représentera toujours la position du point (x, y, z) et son abscisse normale sera celle de sa projection sur OP. Nous poserons

$$(8) \qquad F_1(p) = \Sigma f_1 \omega', \quad F'_1(p) = \Sigma f'_1 \omega', \quad F_2(p) = \Sigma f_2 \omega', \text{ etc.}$$

les sommes s'étendant à tous les éléments ω' d'un plan perpendiculaire à OP et ayant p pour abscisse normale; il se nommera *plan d'intégration* de la fonction F à laquelle il correspond.

Si l'on réduit les six fonctions initiales au terme unique correspondant au même élément ω, toutes auront la forme

$$-\frac{\omega}{8\pi^2}\varphi(\alpha x + \beta y + \gamma z).$$

En cherchant le mouvement simple qui se produit dans cette hypothèse, le mouvement réel s'obtiendra en superposant les mouvements simples correspondant à chaque élément; mais dans chacun d'eux le facteur commun $-\frac{\omega}{8\pi^2}$ affectera les valeurs de u, v, w; par suite nous pourrons poser

$$(9) \qquad u = -\frac{1}{8\pi^2}\Sigma u' \omega, \quad v = -\frac{1}{8\pi^2}\Sigma v' \omega, \quad w = -\frac{1}{8\pi^2}\Sigma w' \omega$$

en désignant par u', v', w' ce que deviennent u, v, w quand on prend pour fonctions initiales les valeurs de $\varphi(\alpha x + \beta y + \gamma z)$, c'est-à-dire $\frac{d^2F_1}{dp^2}$, $\frac{d^2F'_1}{dp^2}$, etc., p étant l'abscisse normale du point quelconque. Toutes ces expressions sont nulles quand le plan d'intégration ne coupe pas la sphère initiale, de sorte que l'espace ébranlé a la forme d'une onde plane initiale, comprise entre deux plans tangents à la sphère initiale et per-

pendiculaires à OP. En outre, chacune des fonctions a la même valeur sur tout plan perpendiculaire à OP; cette égalité subsistera donc pendant le mouvement et par suite u', v', w' seront fonctions seulement de p ou $\alpha x+\beta y+\gamma z$. Dans les équations générales du mouvement $\frac{d^2u}{dt^2}$, $\frac{d^2v}{dt^2}$, $\frac{d^2w}{dt^2}$ sont égalées à une suite de termes contenant les dérivées $\frac{d^2u}{dx^2}$, $\frac{d^2u}{dxdy}$, $\frac{d^2v}{dx^2}$, etc. Les fonctions u', v', w' doivent satisfaire les mêmes équations, mais on doit y substituer

$$\frac{d^2u'}{dx^2}=\alpha^2\frac{d^2u'}{dp^2},\quad \frac{d^2u'}{dxdy}=\alpha\beta\frac{d^2u'}{dp^2},\quad \frac{d^2v'}{dx^2}=\alpha^2\frac{d^2w'}{dp^2},\text{ etc.}$$

et elles prendront la forme

$$(10)\qquad \begin{cases} \dfrac{d^2u'}{dt^2}=A\dfrac{d^2u'}{dp^2}+C'\dfrac{d^2v'}{dp^2}+B'\dfrac{d^2w'}{dp^2}\\ \dfrac{d^2v'}{dt^2}=C'\dfrac{d^2u'}{dp^2}+B\dfrac{d^2v'}{dp^2}+A'\dfrac{d^2w'}{dp^2}\\ \dfrac{d^2w'}{dt^2}=B'\dfrac{d^2u'}{dp^2}+A'\dfrac{d^2v'}{dp^2}+C\dfrac{d^2w'}{dp^2} \end{cases}$$

où A, B, C, A′, B′, C′ sont des fonctions d'α, β, γ, entières, homogènes et du second degré.

Voici la méthode connue par laquelle on les intègre. Nommons $\frac{1}{s}$, $\frac{1}{s'}$, $\frac{1}{s''}$ les demi-axes de la surface ayant pour équation

$$Ax^2+By^2+Cz^2+2A'yz+B'zx+2C'xy=1.$$

Soient aussi OL, OL′, OL″ leurs directions; l, m, n les cosinus de la première; l', m', n', l'', m'', n'' ceux d'OL′, OL″. Ils satisfont comme on sait les équations suivantes :

$$\begin{aligned} Al+C'm+B'n&=s^2l\\ C'l+Bm+A'n&=s^2m\\ B'l+A'm+Cn&=s^2n \end{aligned}$$

qui resteront exactes en remplaçant l, m, n, s par l', m', n', s', ou par l'', m'', n'', s''.

En éliminant l, m, n on trouve une équation de la forme

$$s^6 + \mathrm{D}\, s^4 + \mathrm{D}'\, s^2 + \mathrm{D}'' = 0 \tag{11}$$

donnant pour s^2 trois valeurs nécessairement réelles s^2, s'^2, s''^2. Si l'on pose

$$l\,u' + m\,v' + n\,w' = q\,, \quad l'\,u' + m'\,v' + n'\,w' = q'\,, \quad l''\,u' + m''\,v' + n''\,w' = q'', \tag{12}$$

et qu'on ajoute les équations du mouvement, multipliées par l, m, n, ou par l', m', n', ou l'', m'', n'', on trouvera d'après les relations précédentes

$$\frac{d^2 q}{dt^2} = s^2 \frac{d^2 q}{dp^2}\,, \quad \frac{d^2 q'}{dt^2} = s'^2 \frac{d^2 q'}{dp^2}\,, \quad \frac{d^2 q''}{dt^2} = s''^2 \frac{d^2 q''}{dp^2}.$$

Celles-ci intégrées, on tirera des relations (12)

$$u' = l\,q + l'\,q' + l''\,q''\,, \quad v' = m\,q + m'\,q' + m''\,q''\,, \quad w' = n\,q + n'\,q' + n''\,q''. \tag{13}$$

Le milieu n'est pas susceptible de transmettre un mouvement vibratoire à moins que s^2, s'^2, s''^2 ne soient positives; nous supposerons qu'il en est ainsi et prendrons pour s, s', s'' leurs racines positives; la surface du second degré sera alors un ellipsoïde réel. La première des équations précédentes a dans ce cas pour intégrale complète

$$q = \frac{1}{2}\,\psi\,(p + s\,t) + \frac{1}{2}\,\psi\,(p - s\,t) + \frac{1}{2s}\,\psi''\,(p + s\,t) - \frac{1}{2s}\,\psi''\,(p - s\,t)$$

en nommant $\psi\,(p)$, $\psi'\,(p)$ les valeurs initiales de q et $\frac{dq}{dt}$, et supposant $\psi''(p) = \int \psi'(p)\,dp$; la constante introduite par cette dernière intégration disparaît dans la valeur de q; on trouvera pour q' et q' un résultat analogue.

Or si l'on applique cette méthode générale à la question actuelle, les valeurs initiales de q, $\frac{dq}{dt}$, d'après celles de u', v', w' et leurs dérivées, qu'on substituera dans les équations (12), seront :

$$\psi(p) = \frac{d^2.[l\,F'_1(p) + m\,F'_2(p) + n\,F'_3(p)]}{dp^2}, \quad \psi'(p) = \frac{d^2[l\,F_1(p) + m\,F_2(p) + n\,F_3(p)]}{dp^2}$$

et par suite

$$\psi''(p) = \int \psi'(p)\,dp = \frac{d.[l\,F_1(p) + m\,F_2(p) + n\,F_3(p)]}{dp}$$

en prenant pour p l'abscisse normale du point quelconque.

Par suite q se composera de trois parties homologues, la première étant

$$\frac{1}{2}\,l\left\{\frac{d.^2[F'_1(p+st) + F'_1(p-st)]}{dp^2} + \frac{d.[F_1(p+st) - F_1(p-st)]}{s\,dp}\right\}$$

On peut l'écrire ainsi :

$$\frac{l}{2s^2}\left\{\frac{d.^2[F'_1(p+st) + F'_1(p-st)]}{dt^2} + \frac{d.[F_1(p+st) + F_1(p-st)]}{dt}\right\}$$

On pourra y prendre pour p l'abscisse normale de M avant les différentiations, puisqu'elles se rapportent à t.

Ainsi la partie de q où entrent les vitesses initiales f_1, f_2, f_3, une fois trouvée, on en déduira l'autre en remplaçant f_1, f_2, f_3 par f_1', f_2', f_3' et différentiant le tout par rapport à t; on en peut dire par suite autant de q', q'', de la valeur (13) de u', et par conséquent de celle de u donnée par les formules (9), en remarquant que la différentiation relative à t peut s'effectuer en dehors du signe Σ. Il suffira donc, pour les réductions ultérieures, de conserver les seuls termes où entrent les vitesses initiales. Nous poserons

$$(14)\quad \begin{cases} l\,F_1(p) + m\,F_2(p) + n\,F_3(p) = F(p), \quad l'\,F_1(p) + m'\,F_2(p) + n'\,F_3(p) = F'(p) \\ l''\,F_1(p) + m''\,F_2(p) + n''\,F_3(p) = F''(p), \end{cases}$$

et l'on aura

$$q = \frac{1}{2s^2}\,\frac{d.}{dt}\Big[F(p+st) + F(p-st)\Big]$$

On trouverait pour q', q'', des valeurs analogues où F, s, seraient remplacées par F′, s', F″, s'' ; en les substituant dans les valeurs (13) et celles-ci dans les formules (9), u se composera de trois parties homologues, la première étant

$$-\frac{1}{8\pi^2}\,\frac{d.}{dt}\,\Sigma\,\frac{\omega}{2s^2}\Big[l\,F(p+st) + l\,F(p-st)\Big]$$

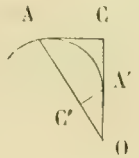
Comparons dans cette somme les termes qui correspondent à un premier élément ω et à un second diamétralement opposé, qu'on peut supposer égal au premier : α, β, γ seront les mêmes en signe contraire ; les quantités A, B, etc., qui en sont des fonctions du 2me degré n'auront pas changé, non plus que s^2 ; l'ellipsoïde sera par suite le même ; les cosinus l, m, n d'un axe de symétrie seront les mêmes avec le même signe ou le signe contraire, car il est indéterminé ; il en entre un en facteur dans chaque partie de F d'après les formules (14), et par suite deux dans chaque terme de l'expression précédente, ainsi on peut leur attribuer la même valeur. En désignant par M′, R, R_1, les points de la droite O P qui ont pour abscisses normales p, $p+st$, $p-st$, M′ est la projection de M et reste le même pour les deux éléments, mais les distances $+st$ et $-st$ se trouvant dans les deux cas comptées en sens contraire, le point R qui correspond à un des éléments, coïncide avec le point R_1 qui correspond à l'autre, et l'on en peut dire autant des intégrales correspondant aux deux plans ; ainsi la valeur de $l\,F(p+st)$ pour l'un est égale à celle de $l\,F(p-st)$ pour l'autre. On pourra donc, sans changer la valeur de u, supprimer les termes où entrent $p-st$, et aussi $p-s't$, $p-s''t$, en doublant les autres. La valeur de u' se réduira alors à

$$(15)\qquad u' = \frac{d.}{dt}\left\{\frac{l\,\mathrm{F}(p+st)}{s^2} + \frac{l'\,\mathrm{F}'(p+s't)}{s'^2} + \frac{l''\,\mathrm{F}''(p+s''t)}{s''^2}\right\}$$

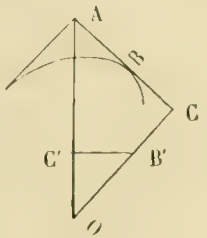
où $p=\alpha x+\beta y+\gamma z$. En joignant à cette relation les formules (14) et (9) on aura la valeur de u à laquelle on ajoutera, comme on l'a dit, les termes provenant des écarts initiaux.

§ 4. **Forme générale du mouvement.**

Dans ce qui suit il sera fait usage d'un principe géométrique connu : En désignant par O l'origine, par A un point quelconque d'une première surface, par OC la perpendiculaire abaissée de l'origine sur le plan tan-



gent en A, si l'on prend sur sa direction la longueur $OA'=\frac{1}{OC}$, le lieu des points A′ correspondant à tous les points A, formera une seconde surface que nous nommerons *déduite* de la première. La propriété dont il s'agit consiste en ce que si, de la seconde surface, on en déduit une



troisième suivant la même règle, elle coïncidera avec la première, et le

point A sera le correspondant d'A'. On s'en assure aisément en supposant d'abord le point A extérieur à la première surface, menant par ce point une infinité de plans tangents; les points de tangence B forment la ligne de contact d'un cône de sommet A, circonscrit à la surface; pour un quelconque d'entre eux, en menant OC perpendiculaire au plan tangent, prenant $OB' = \frac{1}{OC}$, et menant B'C' perpendiculaire à OA, B' sera le correspondant de B sur la surface déduite, mais en même temps les triangles OB'C', OCA, étant semblables, on aura $OC' \times OA = 1$; ainsi C' est le même pour tous les points B'; ceux-ci forment donc sur la seconde surface une section plane, dont le plan est perpendiculaire à OA. Supposons ensuite, sans changer la direction OA, que le point A soit infiniment voisin de la première surface. Les plans tangents AC coïncident presque entre eux; les points B' ont pour limite le point A' correspondant d'A; le plan de la section plane très petite qu'ils forment devient le plan tangent à la seconde surface en A'; la perpendiculaire sur celui-ci est OC', et si l'on prend sur sa direction une distance $\frac{1}{OC'}$, on retrouve OA; de la sorte le point A est bien déduit de A' suivant la même règle que A' l'était de A.

Supposons maintenant que la sphère initiale ait pour centre l'origine et désignons par h son rayon; cherchons d'abord la nature du mouvement simple représenté par la formule (15) et les valeurs analogues de v', w', en les réduisant à leur premier terme, de sorte qu'on ait

$$u' = \frac{l}{s^2} \frac{d.\mathrm{F}(p + st)}{dt}$$

La fonction $\mathrm{F}(p)$ est une intégrale s'étendant à tous les éléments d'un plan perpendiculaire à OP; elle est nulle à moins que ce plan ne coupe la sphère initiale, ou que p ne soit compris entre $\pm h$; par suite u' sera nulle à moins que p ne soit comprise entre $-st \pm h$. Menons à la sphère initiale deux plans tangents perpendiculaires à OP, le premier A du côté positif, le second B du côté négatif. Évidemment la région pour laquelle

u' n'est pas nulle à un instant quelconque, sera comprise entre deux plans A', B' qu'on déduirait de A et B en déplaçant ceux-ci parallèlement d'une distance st du côté négatif ou opposé à P; la forme du mouvement est donc celle d'une onde limitée; les valeurs complètes de u', v', w' représentent trois semblables ondes, parallèles entre elles, se propageant du côté négatif avec les vitesses s, s', s''.

On se rendra compte ensuite de la forme du mouvement total en réduisant d'abord les ondes planes précédentes à de simples plans mobiles, comme si la sphère initiale n'était qu'un point. Le premier plan, passant par l'origine à l'instant initial, se sera déplacé de la distance s au bout de l'unité de temps; en lui joignant les ondes planes analogues qui correspondent à tous les éléments ω, ces divers plans seront tous tangents à une même surface qui est leur enveloppe intérieure et forme la première nappe de la *surface principale des ondes,* c'est-à-dire de celle qui correspond à l'unité de temps; celle-ci est complétée par deux autres nappes où la vitesse s est remplacée par s' ou s''.

On trouvera la surface déduite de celle-là en menant au point quelconque A le plan tangent qui est une des ondes planes, abaissant de l'origine sur celui-ci une perpendiculaire dont la longueur sera par suite s et les cosinus α, β, γ, puis prenant sur la même direction une longueur $OA' = \frac{1}{s}$; nommons surface des vitesses le lieu des points A'; si x, y, z sont les coordonnées de l'un d'eux, on aura $x = \frac{1}{s}\alpha$, ou

$$\alpha = sx \ , \quad \beta = sy \ , \quad \gamma = sz$$

qu'on pourra substituer dans l'équation (11); or dans celle-ci D, D', D'' sont des fonctions entières et homogènes de α, β, γ; leur degré est le deuxième pour D, le quatrième pour D', le sixième pour D'', de sorte qu'après la substitution, s^6 disparaissant comme facteur commun, on aura une équation du sixième degré en x, y, z, représentant à la fois les trois nappes de la surface des vitesses.

De plus elle ne contient que des exposants pairs; ainsi la surface des vitesses a pour centre l'origine, elle est symétrique par rapport aux trois plans coordonnés; il en est de même par suite pour la surface des ondes qui en est déduite, et se trouve par là suffisamment déterminée sans qu'on ait besoin de chercher son équation, d'un degré très élevé. On peut remarquer en outre que la surface des vitesses étant du sixième degré ne peut rencontrer une même droite en plus de 6 points; par suite on ne peut mener aux trois nappes réunies de la surface des ondes plus de six plans tangents parallèles entre eux, c'est-à-dire pas plus de trois d'un même côté de l'origine.

Au bout d'un temps t les distances variables des ondes planes à l'origine seront st, $s't$, $s''t$, et leur enveloppe intérieure formera les trois nappes d'une surface qu'on nomme encore surface des ondes; celle-ci est semblable à la principale qui correspond à l'unité de temps. et pourrait s'en former en changeant toutes les dimensions dans le rapport de 1 à t. En nommant ρ le rayon OA dans la principale, il deviendra ρt pour l'autre dans la même direction.

Si nous restituons aux ondes planes leur épaisseur $2h$, les enveloppes des plans A′, B′ qui limitent chacune d'elles au bout du temps t formeront deux surfaces très voisines de celle des ondes, la première extérieure à cette dernière, la seconde intérieure.

La solution complète de la question consiste à trouver la valeur de u, v, w pour tout point compris entre ces deux surfaces, et cela pour chacune des nappes; il y a en outre à démontrer qu'en dehors de ces trois régions limitées, il n'y a pas de mouvement ou que toutes les ondes planes interfèrent. Cette dernière démonstration revient à prouver que tout point M est en repos au bout du temps t si la distance OM ne diffère pas très peu de la valeur de ρt correspondant à l'une ou l'autre des trois nappes.

Pour tirer ces résultats des formules (9), il faut remarquer que le point M qu'elles concernent est regardé comme constant, et dès lors il est plus simple de le prendre au lieu du point O pour centre de la sphère

qui a été désignée par S; le rayon de celle-ci est toujours l'unité; P étant la position d'un de ses éléments ω, les cosinus α, β, γ sont ceux de la droite MP, et c'est sur celle-ci que l'on comptera les abscisses normales à partir de M. Dans les formules (15), p désigne toujours celle du point M; si donc celle d'un point quelconque de l'espace est $p+p'$ par rapport à l'origine O, elle sera p' pour l'origine M, et déterminera la même position d'un plan. Moyennant cette convention, la formule (15) se réduit à

$$u' = \frac{d.}{dt}\left[\frac{l\,\mathrm{F}(s\,t)}{s^2} + \frac{l'\,\mathrm{F}'(s'\,t)}{s'^2} + \frac{l''\,\mathrm{F}''(s''\,t)}{s''^2}\right] \tag{16}$$

Les plans d'intégration correspondant aux trois fonctions ont ainsi leurs abscisses positives; leur position se concevra encore plus aisément en supposant tracée la surface des ondes qui aurait M pour centre au lieu de O; les trois plans tangents qui précédemment représentaient la position moyenne des ondes planes, deviendront maintenant les plans d'intégration correspondant à $\mathrm{F}(st)$, $\mathrm{F}'(s't)$, $\mathrm{F}''(s''t)$; ils seront d'ailleurs menés perpendiculairement à MP, tous trois du côté positif.

La limitation du mouvement devait provenir de ce que la distance OM différait peu de ρt; cela reviendra à vérifier que le point M est immobile si la surface des ondes ne coupe pas la sphère initiale.

§ 5. **Simplification du résultat dans le cas d'un milieu isotrope.**

Dans ce cas on sait que la première équation du mouvement a la forme

$$\frac{d^2u}{dt^2} = b^2\left(\frac{d^2u}{dx^2} + \frac{d^2u}{dy^2} + \frac{d^2u}{dz^2}\right) + (a^2 - b^2)\frac{d.}{dx}\left(\frac{du}{dx} + \frac{dv}{dy} + \frac{dw}{dz}\right)$$

a et b étant des constantes propres à chaque milieu.

La première équation (10) devient ainsi

$$\frac{d^2u'}{dt^2} = b^2\frac{d^2u'}{dp^2} + (a^2-b^2)\,\alpha\left(\alpha\frac{d^2u'}{dp^2} + \beta\frac{d^2v'}{dp^2} + \gamma\frac{d^2w'}{dp^2}\right)$$

et les équations qui déterminent l, m, n se réduisent à

$$\begin{aligned}
(b^2-s^2)\,l + (a^2-b^2)\,\alpha\,(\alpha\,l+\beta\,m+\gamma\,n) &= o\,,\\
(b^2-s^2)\,m + (a^2-b^2)\,\beta\,(\alpha\,l+\beta\,m+\gamma\,n) &= o\,,\\
(b^2-s^2)\,n + (a^2-b^2)\,\gamma\,(\alpha\,l+\beta\,m+\gamma\,n) &= o\,;
\end{aligned}$$

En les ajoutant multipliées par α, β, γ, il vient

$$(a^2-s^2)\,(\alpha\,l+\beta\,m+\gamma\,n) = o.$$

On aura donc une première solution $s=a$, à laquelle correspondent

$$l=\alpha\ ,\quad m=\beta\ ,\quad n=\gamma.$$

Quant aux autres valeurs de s, les directions correspondantes ne sont assujetties qu'à la seule condition

$$\alpha\,l+\beta\,m+\gamma\,n = o\,,$$

c'est-à-dire qu'elles sont perpendiculaires entre elles et à la première, du reste quelconques, et en même temps on a $s'=s''=b$. Or on tire des formules (14)

$$l\,\mathrm{F}\,(p) + l'\,\mathrm{F}'\,(p) + l''\,\mathrm{F}''\,(p) = \mathrm{F}_1\,(p)\,,$$

en supposant p le même dans toutes ces fonctions; par suite dans la valeur (16) on pourra substituer

$$\frac{l'\,\mathrm{F}'\,(s't) + l''\,\mathrm{F}''\,(s't)}{s'^2} = \frac{\mathrm{F}_1\,(s't) - l\,\mathrm{F}\,(s't)}{s'^2}$$

et en outre $s=a$, $s'=b$, $l=\alpha$, ce qui donne

$$u' = \frac{d.}{dt}\left[\frac{\alpha\,\mathrm{F}\,(at)}{a^2} + \frac{\mathrm{F}_1\,(bt) - \alpha\,\mathrm{F}\,(bt)}{b^2}\right]$$

et de la sorte la valeur (9) de u pourra s'écrire

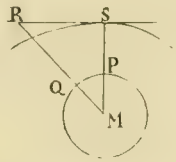
$$u = \frac{1}{8\pi^2}\,\frac{d.}{dt}\Big(\mathrm{U} - \mathrm{U}' - \mathrm{U}''\Big)$$

en posant

$$\mathrm{U} = \frac{1}{b^2}\,\Sigma\,\alpha\Big[\alpha\,\mathrm{F}_1(bt) + \beta\,\mathrm{F}_2(bt) + \gamma\,\mathrm{F}_3(bt)\Big]\omega\ , \quad \mathrm{U}' = \frac{1}{b^2}\,\Sigma\,\mathrm{F}_1(bt)\,\omega\,,$$

et désignant par U″ ce que devient U quand on y remplace b par a.

Dans les valeurs de U et U′ les intégrales F_1, F_2, F_3 s'étendent à tous les éléments ω' d'un plan perpendiculaire à MP à la distance MS$=bt$, ou tangent à une sphère de rayon bt qui est une nappe de la surface des ondes.



Soit Q la position d'un autre élément ω'' quelconque de la sphère S; circonscrivons-lui un cône de sommet M, et prenons pour élément ω' du plan celui que le cône intercepte; en désignant par ρ la distance MR, la section droite du cône au point R sera $\omega''\rho^2$, d'où résulte

$$\omega' = \frac{\omega''\rho^2}{\cos \mathrm{RMS}} = \frac{\omega''\rho^2}{bt}\,;$$

en substituant cette valeur dans l'intégrale $\mathrm{F}_1(bt)$ ou $\Sigma f_1\omega'$, elle s'étendra à tous les éléments ω'' de la sphère S; il en est de même pour F_2, F_3; toutefois en nommant c une longueur supérieure à la plus grande distance de M à la sphère initiale, on pourra laisser de côté tous les éléments pour lesquels on aurait $\rho > c$, parce qu'alors, quelle que fût la direction d'MP, les fonctions f_1, f_2, f_3 seraient nulles; on pourra laisser

de côté pour la même raison tous les éléments ω'' pour lesquels l'angle PMQ serait supérieur à l'angle aigu δ, en posant $\cos\delta = \frac{bt}{\rho}$.

Les sommes U, U′ s'étendant maintenant à tous les éléments ω et ω'' d'une même sphère, associés deux à deux de toutes les manières possibles, nous réunirons les termes où la direction MQ et l'élément ω'' sont les mêmes. De la sorte on aura

$$\text{(18)} \qquad U = \Sigma V \omega'', \qquad U' = \Sigma V' \omega'',$$

les sommes s'étendant à tous les éléments de la sphère S, en posant

$$V = \Sigma \frac{\rho^3}{b^3 f} \alpha \left[\alpha f_1 + \beta f_2 + \gamma f_3 \right] \omega , \qquad V' = \Sigma \frac{\rho^3}{b^3 f} f_1 \omega ,$$

ces sommes s'étendant aux seuls éléments ω pour lesquels l'angle PMQ$<\delta$.

Joignons alors à MQ deux autres axes MQ′, MQ″ perpendiculaires entre eux et à celui-là; nommons g, g', g'' les cosinus de l'axe des x par rapport à ces trois-là, et $\cos\vartheta$, $\sin\vartheta\cos\varphi$, $\sin\vartheta\sin\varphi$, les cosinus de MP par rapport aux mêmes axes, de sorte que ϑ et φ soient ses coordonnées angulaires; enfin soient q, q', q'' les projections de la vitesse initiale du point R sur MQ, MQ′, MQ″. On pourra, dans les valeurs de V, V′, remplacer ω par $\sin\vartheta d\vartheta d\varphi$; $\alpha f_1 + \beta f_2 + \gamma f_3$, projection de la vitesse initiale du point R sur MP, deviendra

$$q\cos\theta + q'\sin\theta\cos\varphi + q''\sin\theta\sin\varphi ,$$

et de plus, α étant le cosinus de l'angle de l'axe des x avec MP, on aura

$$\alpha = g\cos\theta + g'\sin\theta\cos\varphi + g''\sin\theta\sin\varphi ,$$

d'où résultera

$$V = \int_0^{\delta} d\theta \int_0^{2\pi} \frac{\rho^3}{b^3 f} (g\cos\theta + g'\sin\theta\cos\varphi + g''\sin\theta\sin\varphi)(q\cos\theta + q'\sin\theta\cos\varphi + q''\sin\theta\sin\varphi)\sin\theta\, d\varphi ,$$

$$V' = \int_0^{\delta} d\theta \int_0^{2\pi} \frac{\rho^3}{b^3 t} f_1 \sin\theta \, d\varphi.$$

La direction MQ restant constante, les fonctions f_1, f_2, f_3, ne varient qu'avec la distance ρ, et pourront par suite être désignées par $f_1(\rho)$, $f_2(\rho)$, $f_3(\rho)$; mais pendant l'intégration relative à φ, ρ reste invariable de même que g, g', g'', q, q', q'', d'où résulte

$$V = \int_0^{\delta} \frac{\pi\rho^3}{b^3 t} \left[2\, g\, q \cos^2\theta + (g'q' + g''q'') \sin^2\theta \right] \sin\theta \, d\theta, \qquad V' = \int_0^{\delta} \frac{2\pi\rho^3}{b^3 t} f_1 \sin\theta \, d\theta.$$

On a d'ailleurs

$$g\, q + g'q' + g''q'' = f_1$$

puisque le premier membre est la projection de la vitesse initiale sur l'axe des x; on pourra donc substituer

$$2\, g\, q \cos^2\theta + (g'q' + g''q'') \sin^2\theta = g\, q\, (3\cos^2\theta - 1) + f_1(\rho)\,(1 - \cos^2\theta).$$

Enfin comme θ et ρ sont liés par la relation $\cos\theta = \frac{bt}{\rho}$, on pourra remplacer l'intégration relative à θ par une autre relative à ρ, dont les limites seront bt et c, ou ce qui revient au même, bt et l'infini; on aura alors $\sin\theta d\theta = \frac{bt\, d\rho}{\rho^2}$, et il viendra

$$V = \pi \int_{bt}^{\infty} \frac{\rho\, d\rho}{b^2} \left[\left(\frac{3b^2t^2}{\rho^2} - 1 \right) g\, q + \left(1 - \frac{b^2t^2}{\rho^2} \right) f_1(\rho) \right], \qquad V' = \pi \int_{bt}^{\infty} \frac{2\rho\, d\rho}{b^2} f_1(\rho).$$

Les lettres α, β, γ ayant disparu, nous pourrons les employer pour désigner les cosinus de MQ par rapport aux axes des x, y, z; on aura alors $g = \alpha$; de plus q étant la projection de la vitesse initiale du point R sur MQ, on aura $gq = \psi(\rho)$ en posant

$$\psi(\rho) = \alpha\, [\alpha f_1(\rho) + \beta f_2(\rho) + \gamma f_3(\rho)] \tag{19}$$

En différentiant V et V′ par rapport à t soit sous le signe $\int$, soit à la limite inférieure et les substituant dans les formules (18), on aura

$$\frac{dU}{dt} = \pi \Sigma \left\{ 2t \int_{bt}^{\infty} \frac{3\psi(\rho) - f_1(\rho)}{\rho} d\rho - 2t\psi(bt) \right\} \omega'', \quad \frac{dU'}{dt} = -2\pi \Sigma t f_1(bt)\omega'';$$

en remplaçant b par a, la valeur de $\frac{dU}{dt}$ donnera celle de $\frac{dU''}{dt}$ et la valeur (17) deviendra

$$(20) \qquad u = \frac{t}{4\pi} \Sigma \left\{ f_1(bt) + \psi(at) - \psi(bt) + \int_{bt}^{at} \left(\frac{3\psi(\rho) - f_1(\rho)}{\rho} \right) d\rho \right\} \omega''.$$

Cette expression doit être complétée par les termes obtenus en changeant f_1, f_2, f_3 en f'_1, f'_2, f'_3 et différentiant par rapport à t; on trouve ainsi

$$(21) \qquad \begin{aligned} &\left\{ \frac{t}{4\pi} \Sigma \frac{d.[f'_1(bt) + \psi'(at) - \psi'(bt)]}{dt} \omega'' + \frac{1}{4\pi} \Sigma \omega'' \int_{bt}^{at} [3\psi'(\rho) - f'_1(\rho)] \frac{d\rho}{\rho} \right. \\ &\left. + \frac{1}{4\pi} \Sigma [4\psi'(at) - 4\psi'(bt) + 2f'_1(bt) - f'_1(at)] \omega'' \right. \end{aligned}$$

Il faut remarquer que $f_1(\rho)$ n'est autre que $f_1(x', y', z')$ dans laquelle on aurait pris pour x', y', z', les coordonnées du point R, c'est-à-dire

$$(22) \qquad x' = x + \alpha\rho, \qquad y' = y + \beta\rho, \qquad z' = z + \rho\gamma.$$

On interpréterait de même $f_1(bt)$, etc., en y remplaçant ρ par bt ou at; on a désigné par ψ' la fonction analogue à ψ, c'est-à-dire

$$(23) \qquad \psi'(\rho) = \alpha[\alpha f'_1(\rho) + \beta f'_2(\rho) + \gamma f'_3(\rho)].$$

La valeur complète de u coïncide avec les intégrales trouvées par Poisson, sauf quelques changements de lettres.

§ 6. Nature du mouvement à une grande distance de l'origine.

Poisson a déjà fait cette recherche; toutefois il convient de la reprendre par une autre méthode, le résultat devant servir plus tard de vérification.

On peut supposer que dans les expressions (20) et (21) on ait remplacé $\frac{df_1(bt)}{dt}$ par

$$b\left[\alpha\frac{df'_1}{dx'}+\beta\frac{df'_1}{dy'}+\gamma\frac{df'_1}{dz'}\right], \tag{24}$$

de sorte qu'elle deviendra une fonction des valeurs (22) de x', y', z', sauf à écrire dans celles-ci bt au lieu de ρ; la même remarque s'applique à $\frac{df_2'(bt)}{dt}$, $\frac{df_1'(at)}{dt}$, etc.

Nous supposerons comme précédemment que la sphère initiale a l'origine pour centre, et h pour rayon; nous nommerons première et deuxième nappe de la surface des ondes des surfaces sphériques ayant pour rayon bt, at, et pour centre le point M; enfin nous désignerons par ρ' la distance OM.

Pour transformer le premier terme de u, circonscrivons à l'élément ω'' placé en P un cone de sommet M, et soit ω celui qu'il intercepte dans la première nappe; on pourra substituer $\omega''=\frac{\omega}{b^2\rho'^2}$; en même temps, d'après les formules (22), les coordonnées x', y', z', qui correspondent à $f_1(bt)$, sont précisément celles de l'élément ω; ainsi le terme deviendra

$$\frac{1}{4\pi b^2 t}\Sigma f_1(x',y',z')\,\omega,$$

la somme s'étendant à tous les éléments ω de la première nappe; mais elle sera nulle, à moins que la nappe ne coupe la sphère initiale, et

dans ce dernier cas il suffit de l'étendre à la portion de la nappe intérieure à la sphère.

Laissons de côté pour le moment les intégrales prises de bt à at; tous les autres termes des expressions (20), (21) où entre bt se transformeront comme le précédent, sauf qu'ils pourront avoir α, β, γ en coefficient; ceux où entre at s'exprimeront pareillement par des sommes étendues aux éléments ω' de la deuxième nappe. Tous seront nuls à moins qu'une des nappes ne coupe la sphère initiale, ou que ρ' ne soit compris entre $bt \pm h$ pour les uns, entre $at \pm h$ pour les autres. Le mouvement qu'ils représentent a donc comme forme générale deux ondes limitées; dans la première, l'espace ébranlé est compris entre deux surfaces sphériques de centre O et de rayon $bt \pm h$; pour la deuxième onde, ces rayons sont $at \pm h$. En prenant pour u l'ensemble des termes qui, dans les expressions (20), (21), avaient t en coefficient, on aura après la transformation :

$$(25)\quad u = \frac{1}{4\pi b^2 t}\Sigma\left[f_1 - \psi + \frac{d.f'_1(bt)}{dt} - \frac{d.\psi'(bt)}{dt}\right]\omega + \frac{1}{4\pi a^2 t}\Sigma\left[\psi + \frac{d.\psi'(at)}{dt}\right]\omega'.$$

Les autres termes seraient le produit de sommes analogues par

$$\frac{1}{4\pi b^2 t^2} \quad \text{ou} \quad \frac{1}{4\pi a^2 t^2},$$

et comme les sommes s'étendent à une surface toujours fort petite, ces derniers termes seront imperceptibles en comparaison des premiers quand la distance ρ' sera très grande; alors, en effet, à moins que les termes ne soient nuls, t diffère très peu de $\frac{\rho'}{a}$ ou $\frac{\rho'}{b}$ et est aussi très grand.

Pour transformer la deuxième partie de l'expression (20) ou

$$\frac{t}{4\pi}\Sigma\,\omega''\int_{bt}^{at}(3\psi - f_1)\frac{d\rho}{\rho}$$

nommons θ, φ les coordonnées angulaires de l'élément ω'' qui deviendra

ainsi $\sin\theta d\theta d\varphi$; en prenant M pour origine de coordonnées polaires ρ, θ, φ, ce seront d'après les formules (22) celles du point (x', y', z') auxquelles correspondent ψ et f_1; nommant en outre dV l'élément de volume $\rho^2 d\rho \sin\theta d\theta d\varphi$, le terme pourra s'écrire :

$$\frac{t}{4\pi} \Sigma \frac{3\psi - f_1}{\rho^3} dV,$$

où x', y', z' sont les coordonnées de l'élément dV; la somme s'étend au volume compris entre les deux nappes; toutefois, en réalité, il suffit de l'étendre à la portion de la sphère initiale comprise dans ce volume; ainsi le mouvement représenté par ce seul terme affectera tous les points tels que $\rho' + h$ ou $\rho' - h$ soit compris entre at et bt; il n'a donc pas la forme d'une onde limitée; mais il est de l'ordre des termes déjà négligés, savoir de ceux qui sont le produit de $\frac{1}{t^2}$ par une quantité finie. On s'en assure en remarquant que ρ^3 est compris entre a^3t^3 et b^3t^3. L'intégrale analogue qui se trouve dans l'expression (21) et n'a pas t en facteur est à plus forte raison négligeable, et le mouvement à une grande distance de l'origine est représenté par la formule (25).

Le milieu étant constitué de même dans toutes les directions, on simplifiera encore le résultat en plaçant le point M sur l'axe des x positives à une grande distance.

Alors R étant la position d'un élément ω ou ω', on aura $\alpha = -\cos \mathrm{RMO}$, $\sqrt{\beta^2 + \gamma^2} = \sin \mathrm{RMO}$, et ce dernier étant inférieur à $\frac{h}{at}$ ou $\frac{h}{bt}$, on devra négliger dans la formule (25) tous les termes multipliés par β, γ et remplacer α par -1; de la sorte les fonctions ψ, ψ' données par les équations (19) et (23) se réduiront à f_1, f_1'; dans les valeurs homologues de v, w, elles disparaîtront, ayant β, γ en facteur; en outre $\frac{df_1'(bt)}{dt}$ ou l'expression (24) se réduira à $-b\frac{df_1'}{dx'}$ et $\frac{df_1'(at)}{dt}$ à $-a\frac{df_1'}{dx'}$; on trouvera ainsi :

$$u = \frac{1}{4\pi a^2 t}\Sigma\left(f_1 - a\frac{df'_1}{dx'}\right)\omega', \quad v = \frac{1}{4\pi b^2 t}\Sigma\left(f_2 - b\frac{df'_2}{dx'}\right)\omega.$$

$$w = \frac{1}{4\pi b^2 t}\Sigma\left(f_3 - b\frac{df'_3}{dx'}\right)\omega.$$

On peut évidemment négliger la courbure de chaque nappe dans la petite étendue intérieure à la sphère initiale, et la remplacer par un plan coupant l'axe des x au même point que la nappe, à la distance $x - at$ ou $x - bt$ de l'origine. Posons alors :

$$\Sigma f_1\,\omega = F_1(p), \quad \Sigma f'_1\,\omega = F'_1(p), \quad \Sigma f_2\,\omega = F_2(p),$$

et ainsi de suite, les sommes s'étendant à tous les éléments ω d'un plan mené perpendiculaire à l'axe des x et ayant p pour abscisse; on aura alors

$$\Sigma\frac{df'_1}{dx'}\omega = \frac{d.F'_1(p)}{dp}, \text{ etc.}$$

et les formules précédentes deviendront

$$(26)\qquad \begin{cases} u = \dfrac{1}{4\pi a^2 t}\left[F_1(x-at) + \dfrac{d.F'_1(x-at)}{dt}\right] \\ v = \dfrac{1}{4\pi b^2 t}\left[F_2(x-bt) + \dfrac{d.F'_2(x-bt)}{dt}\right] \\ w = \dfrac{1}{4\pi b^2 t}\left[F_3(x-bt) + \dfrac{d.F'_3(x-bt)}{dt}\right]. \end{cases}$$

Ces formules ont une certaine analogie avec celles des ondes planes; on a $u = o$ pour la première onde de vitesse b, et $v = w = o$ pour la deuxième de vitesse a, de sorte que les vibrations sont uniquement transversales pour la première, longitudinales pour la deuxième.

§ 7. **Mouvement dans un milieu quelconque.**

Nous nous bornerons à chercher la forme du mouvement à une grande distance de l'origine. La valeur (9) de u, en y substituant celle de u' donnée par l'équation (16) se compose de trois parties correspondant aux trois nappes; pour les transformer, nous les réduirons à une seule, mais en lui joignant les termes provenant des écarts initiaux. On aura ainsi

$$u = -\frac{1}{8\pi^2}\Sigma\, l\,\psi_1\,\omega \tag{27}$$

la somme s'étendant aux éléments de la sphère S de centre M; la quantité ψ_1 pour les termes dus aux vitesses initiales seules sera d'après les formules (14)

$$\frac{d.}{s^2 dt}\Big[l\,\mathrm{F}_1(st) + m\,\mathrm{F}_2(st) + n\,\mathrm{F}_3(st)\Big]$$

en lui joignant les termes dus aux écarts, on aura

$$\psi_1 = \frac{l}{s^2}\Big[\frac{d\,\mathrm{F}_1(st)}{dt} + \frac{d^2\,\mathrm{F}'_1(st)}{dt^2}\Big] + \text{etc.},$$

les deux autres parties étant analogues à la première. Mais il est préférable pour ce qui suivra de ne pas employer de dérivées relatives à t; la première partie pourra s'écrire

$$l\Big[\frac{d.\,\mathrm{F}_1(p)}{s\,dp} + \frac{d^2\,\mathrm{F}'_1(p)}{dp^2}\Big],$$

en remplaçant p par st après les différentiations. Ici $\mathrm{F}_1(p)$, $\mathrm{F}_1'(p)$ représentent les intégrales (8), p étant la distance de M au plan d'intégration. Écrivons pour abréger f_1 pour $f_1(x', y', z')$, et convenons de poser

$$\alpha\frac{df_1}{dx'} + \beta\frac{df_1}{dy'} + \gamma\frac{df_1}{dz'} = \frac{df_1}{dp};$$

définissons de la même manière $\frac{df_1'}{dp}$, $\frac{df_2}{dp}$, etc.; il en résultera

$$\frac{d\,F_1(p)}{dp} = \Sigma \frac{df_1}{dp}\omega', \qquad \frac{d.\,F'_1(p)}{dp} = \Sigma \frac{df'_1}{dp}\omega', \text{ etc.,}$$

les sommes s'étendant à tous les éléments du plan d'intégration. On aura de même

$$\frac{d^2 F'_1(p)}{dp^2} = \Sigma \frac{d^2 f'_1}{dp^2}\omega', \frac{d^2 f'_1}{dp^2} = \alpha^2 \frac{d^2 f'_1}{dx'^2} + 2\alpha\beta \frac{d^2 f'_1}{dx'dy'} + \text{etc.}$$

Il en résultera

$$(28) \quad \begin{cases} \psi_1 = \dfrac{d\psi(p)}{dp} \text{ en posant} \\ \psi(p) = \Sigma\,\omega'\left[l\left(\dfrac{f_1}{s} + \dfrac{df'_1}{dp}\right) + m\left(\dfrac{f_2}{s} + \dfrac{df'_2}{dp}\right) + n\left(\dfrac{f_3}{s} + \dfrac{df'_3}{dp}\right)\right]. \end{cases}$$

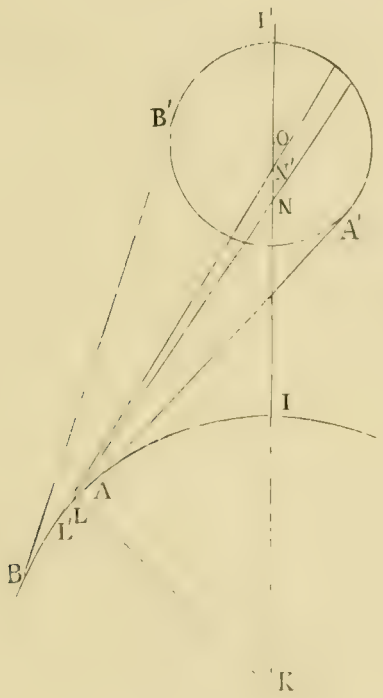
La somme s'étend au plan d'intégration qui a pour abscisse normale p; celle-ci d'ailleurs a dans le cas actuel pour valeur st.

Les normales à la surface des ondes ayant toutes les directions possibles, l'une passe au point O: soit I le point où elle rencontre la surface. Supposons menée par M une parallèle MQ à la normale extérieure II′ : soient θ l'angle PMQ et φ l'angle de ce plan avec un plan fixe passant par MQ; on pourra exprimer α, β, γ et par suite l, m, n, s, en fonction de θ, φ, et substituer $\omega = \sin\theta\, d\theta\, d\varphi$; la valeur (27) de u deviendra alors

$$u = -\frac{1}{8\pi^2}\int_0^{2\pi} \mathrm{U}\, d\varphi, \qquad \mathrm{U} = \int_0^{\pi} l\psi_1 \sin\theta\, d\theta.$$

Dans l'intégration relative à θ, φ est constant et toutes les positions correspondantes de MP sont dans un même plan; nous prendrons celui de la figure parallèle à celui-là et passant par II′, coupant ainsi la sphère initiale suivant un cercle de rayon h. Tous les plans d'intégration correspondant aux diverses valeurs de ψ_1 sont tangents à la surface des

ondes, et perpendiculaires à celui de la figure : leurs traces AA′,LN, etc., sur celui-ci sont donc les tangentes à une courbe IAB qui est le contour apparent de la surface, ou la trace d'un cylindre circonscrit ayant



ses génératrices perpendiculaires au plan de la figure : cette courbe a pour centre le point M′ projection de M : elle n'a pas de point d'inflexion sans quoi elle en aurait plusieurs, on pourrait lui mener quatre tangentes parallèles et la réunion des trois nappes de la surface des ondes aurait plus de six plans tangents parallèles entre eux ; la courbe est donc partout convexe en dehors. En chaque point ω est l'angle de sa normale extérieure avec II′ et comme il ne doit varier que de o à π, les tangentes

ne doivent être menées qu'aux points situés d'un même côté de II′, par exemple à gauche.

Soit Z la hauteur variable IN où la tangente en L coupe la normale II′ et K l'intersection de celle-ci avec la normale en L : pour une tangente très voisine L′N′ on aura IN′ = Z + dZ; si L″ est l'intersection des deux tangentes, point très rapproché de L et L′, on aura dans le triangle NN′L″,

$$dZ = NN' = \frac{L''N\,d\theta}{\cos\theta}, \qquad L''N = LN = LK \operatorname{tang}\theta;$$

Comme Z et θ croissent ensemble, on pourra intégrer par rapport à Z au lieu de θ; on devra substituer

$$\sin\theta\,d\theta = \frac{\cos^2\theta}{\mu}\,dZ \quad \text{où} \quad \mu = LK$$

et l'on aura

$$U = \int_{Z'}^{Z''} \frac{l\cos^2\theta}{\mu}\,\psi_1\,dZ,$$

Z′ et Z″ étant les valeurs extrêmes de Z en dehors desquelles les tangentes ne rencontrant plus le cercle A′B′, le plan d'intégration ne coupe plus la sphère initiale et ψ_1 est nulle.

Supposons maintenant le temps t tel que toutes les valeurs de st, $s't$, $s''t$ soient très grandes par rapport à h; on en pourra dire autant des rayons de courbure de IAB; les valeurs de θ correspondant aux tangentes extrêmes AA′,BB′ n'auront qu'une très petite différence δ; la direction de MP variant très peu, il en sera de même de α, β, γ, l, m, n, s. D'après les conventions précédentes ψ_1 a pour chaque plan la forme $\Sigma\psi'\omega'$ dans laquelle ψ' contient une suite de puissances ou produits de α, β, γ, l.., multipliant les fonctions f_1, f'_1.. ou leurs premières ou deuxièmes dérivées par rapport à x', y', z'; ainsi ψ_1 sera altérée d'une quantité négligeable en donnant à α, β, γ les valeurs correspondant à

AA′, celle-ci devant être remplacée par la tangente en I, quand I est intérieur au cercle A′B′ ; dès lors α, β, γ, l, m, n, s seront des constantes. On ne commettra non plus qu'une erreur insignifiante en remplaçant chaque tangente LN par une parallèle menée par le point N à la droite AA′ ; de la sorte le plan d'intégration coupera encore II′ au même point, mais sera dévié d'un angle inférieur à δ, de sorte que les positions des ω' n'auront subi qu'un déplacement négligeable. Nous donnerons pour la même raison à $\frac{\cos^3\theta}{\mu}$ la valeur constante qui correspond à AA′. Après ce changement, les plans d'intégration correspondant à ψ_1 seront tous parallèles; ψ_1 et ψ ne varieront qu'avec leur abscisse normale p; celle-ci sera comptée à partir du point M dans une direction constante faisant avec II′ l'angle θ, de sorte qu'on pourra substituer $dZ = \frac{dp}{\cos\theta}$; on aura ainsi

$$U = \frac{l\cos\theta}{\mu}\int\psi_1\, dp.$$

En outre on a exactement $\psi_1 = \frac{d\psi}{dp}$, et par suite si le point I n'est pas intérieur au cercle A′B′, comme ψ sera nulle aux deux limites, on aura $U=o$; mais si I est intérieur, on aura

$$U = -\frac{l\cos\theta}{\mu}\psi,$$

le plan d'intégration correspondant à ψ étant le plan tangent en I; en même temps θ et μ étant relatifs à ce point, on a $\theta=o$ et μ est le rayon de courbure de IAB; le plan est indépendant de φ; il en est par suite de même de α, β, γ, l, etc. et de ψ. Il en résulte

$$u = -\frac{1}{8\pi^2}\int_0^{2\pi} U\, d\varphi = \frac{k\, l\psi}{8\pi^2}, \quad \text{où} \quad k = \int_0^{2\pi}\frac{d\varphi}{\mu}.$$

Dans l'intégrale k, μ est le rayon de courbure au point I pour le con-

tour apparent de la surface sur un plan normal quelconque, faisant l'angle φ avec un plan normal fixe. On ne commettra qu'une erreur négligeable en prenant pour le point I celui où la droite OM coupe la surface des ondes.

Dans tout ce qui précède, nous avons considéré les contours apparents correspondant aux trois nappes comme des courbes distinctes. Elles peuvent cependant se couper, mais on pourra toujours mener par le point O une normale OI à chaque nappe, et si le contour apparent pour l'ensemble de la surface a des points multiples, on prendra spécialement pour l'arc IAB celui dont la courbure varie à partir du point I d'une manière continue.

Si, sans changer l'origine, on déplace le point M sur une même droite OM, le point I, quand t variera, occupera des positions correspondantes, et si μ', k' sont les valeurs de μ et k pour $t=1$, on aura $\mu=\mu' t$, $k=\frac{k'}{t}$; α, β, γ resteront constantes, de même que l, m, n, s, et il en résultera

$$\frac{u}{l}=\frac{v}{m}=\frac{w}{n}=\frac{k'}{8\pi^2}\cdot\frac{\psi}{t}\cdot \tag{29}$$

Les écarts seront donc constamment parallèles à la droite ayant l, m, n pour cosinus; ψ est nulle si la nappe ne coupe pas la sphère initiale, et ne dépend en tous cas que de la distance OI; par suite, la forme du mouvement est une onde limitée; l'écart en des points correspondants de l'onde varie en raison inverse du temps.

Aux deux autres nappes correspondent de même deux ondes où la direction des écarts a pour cosinus l', m', n' ou l'', m'', n'' ; les valeurs d'α, β, γ n'étant pas les mêmes pour ces trois directions, elles ne sont pas en général trirectangulaires.

Si l'on applique ces formules à un corps isotrope, les nappes sont sphériques; α, β, γ, cosinus de la normale au plan tangent en I, deviennent ceux de MO; en supposant M sur l'axe des x positives, on aura $\alpha=-1$, $\beta=\gamma=0$; ensuite comme on l'a vu, pour la première onde $s=a$,

et l, m, n sont les mêmes que α, β, γ, c'est-à-dire -1, o, o. Comme μ' est le rayon de la nappe au bout de l'unité de temps, on a

$$\mu' = a\,, \qquad k' = \int_0^{2\pi} \frac{d\varphi}{\mu'} = \frac{2\pi}{a}\,.$$

Les équations (28) et (29) donnent alors

$$v = o\,, \quad w = o\,, \quad u = \frac{1}{4\pi a^2 t} \Sigma\left(f_1 - a\frac{df'_1}{dx'}\right)\omega'.$$

Les directions correspondant à s', s'' sont perpendiculaires entre elles et à la première, du reste quelconques; on peut donc les prendre parallèles aux axes des y et des z; on aura ainsi pour la deuxième onde $s=b$, $l=n=o$, $m=1$, $k'=\frac{2\pi}{b}$, et les mêmes formules donneront

$$u = o\,, \quad w = o\,, \quad v = \frac{1}{4\pi b^2 t} \Sigma\left(f_2 - b\frac{df'_2}{dx'}\right)\omega'.$$

On trouverait pour la troisième onde un résultat analogue. Les sommes Σ s'étendant à tous les éléments ω' d'un plan perpendiculaire à l'axe des x, il est aisé de voir que ces résultats coïncident avec les formules (26).

§ 8. **Valeur de k.**

Nous devons d'abord établir, relativement aux rayons de courbure d'une surface, une formule qui sera nécessaire plus tard. Supposons que dans l'équation de la surface, z soit donnée en fonction d'x et d'y, et désignons comme il suit ses dérivées partielles :

$$\frac{dz}{dx} = p\,, \quad \frac{dz}{dy} = q\,, \quad \frac{d^2z}{dx^2} = r\,, \quad \frac{d^2z}{dx\,dy} = s\,, \quad \frac{d^2z}{dy^2} = t\,;$$

On nomme, comme on sait, lignes de courbure, toute courbe tracée sur la surface et telle qu'en deux de ses points très voisins les normales se rencontrent; en désignant par x, y, z les coordonnées du premier point et par X, Y, Z celles de l'intersection des normales, il faudra que les équations

$$X - x + p(Z - z) = o, \qquad Y - y + q(Z - z) = o$$

et leurs différentielles prises en regardant X, Y, Z comme constantes, aient lieu simultanément. En y posant $dy = m dx$, on aura ainsi

$$\begin{cases} Z - z = \dfrac{1 + p^2 + pqm}{r + sm} = \dfrac{(1 + q^2)m + pq}{s + tm}, \quad \alpha m^2 + \beta m + \gamma = o, \\ \alpha = pqt - (1 + q^2)s, \quad \beta = (1 + p^2)t - (1 + q^2)r, \quad \gamma = (1 + p^2)s - pqr. \end{cases}$$

Les deux racines m, m' de l'équation sont les valeurs $\frac{dy}{dx}$ qui correspondent aux tangentes aux deux lignes de courbure; on sait qu'on nomme rayons de courbure principaux ceux des sections planes faites par la normale et l'une de ces tangentes; nommons-les R, R_1, en convenant de leur donner le signe + ou — suivant qu'ils font un angle aigu ou obtus avec l'axe des z positives; R est la distance des points (x, y, z), (X, Y, Z) et a le signe de $Z - z$; par suite

$$R = \sqrt{1 + p^2 + q^2}\,(Z - z) = \sqrt{1 + p^2 + q^2}\,\frac{1 + p^2 + pqm}{r + sm}$$

De même

$$R_1 = \sqrt{1 + p^2 + q^2}\,\frac{1 + p^2 + pqm'}{r + sm'};$$

en remarquant qu'on a

$$m + m' = -\frac{\beta}{\alpha} \qquad mm' = \frac{\gamma}{\alpha},$$

on en tirera

$$RR_1 = (1+p^2+q^2)\frac{(1+p^2)^2\alpha - pq(1+p^2)\beta + p^2q^2\gamma}{r^2\alpha - rs\beta + s^2\gamma},$$

puis en substituant les valeurs d'α, β, γ, et supprimant le facteur commun $pqr-(1+p^2)s$, on aura la formule cherchée

$$RR_1 = \frac{(1+p^2+q^2)^2}{rt-s^2}. \tag{30}$$

Si l'on prend l'origine sur la surface et la normale pour axe des z, on a pour ce point

$$p=q=o, \quad RR_1 = \frac{1}{rt-s^2}, \quad \alpha = -s, \quad \gamma = s, \quad mm' = -1,$$

ce qui indique que les directions principales sont rectangulaires. L'équation du contour apparent de la surface sur le plan des zx se trouvera en éliminant y de celle de la surface au moyen de la relation $q=o$ qui a lieu en tout point de contact du cylindre circonscrit, dont les génératrices sont parallèles à l'axe des y; on aura par suite $sdx+tdy=o$; ainsi pour tous les points du contour

$$\frac{dz}{dx} = \frac{pdx+qdy}{dx} = p, \quad \frac{dp}{dx} = \frac{rdx+sdy}{dx} = \frac{rt-s^2}{t}.$$

A l'origine on a $\frac{dp}{dx} = \frac{1}{\mu}$, $t = \frac{1}{\mu_1}$, μ étant le rayon de courbure du contour sur le plan des zx, et μ_1 celui de la section faite par le plan des zy; tous deux comme précédemment sont supposés négatifs s'ils font un angle obtus avec l'axe des z; il en résulte

$$\frac{1}{\mu} = \mu_1(rt-s^2) \quad \text{ou} \quad \mu\mu_1 = RR_1.$$

D'ailleurs la direction de l'axe des x étant arbitraire, on voit que *si l'on mène par une normale deux plans quelconques à angle droit, le rayon*

de courbure du contour apparent de la surface sur l'un d'eux, et celui de la section faite par l'autre, ont un produit constant. On aura par suite

$$k=\int_0^{2\pi}\frac{d\varphi}{\mu}=\frac{1}{RR_1}\int_0^{2\pi}\mu_1\,d\varphi,$$

μ_1 étant le rayon de courbure d'une section normale, et φ l'angle de son plan avec un plan normal fixe.

Prenant maintenant les axes des x et des y sur les directions principales, on aura à l'origine $s=o$, $r=\frac{1}{R}$, $t=\frac{1}{R_1}$, et en menant dans le plan de la section l'axe des x' perpendiculaire à celui des z, il en résultera pour chaque point de cette courbe

$$x=x'\cos\varphi,\quad y=x'\sin\varphi,\quad \frac{dz}{dx'}=p\cos\varphi+q\sin\varphi,\quad \frac{d^2z}{dx'^2}=r\cos^2\varphi+2s\sin\varphi\cos\varphi+t\sin^2\varphi,$$

et par suite à l'origine

$$\frac{1}{\mu_1}=\frac{d^2z}{dx'^2}=\frac{1}{R}\cos^2\varphi+\frac{1}{R_1}\sin^2\varphi,\quad k=\int_0^{2\pi}\frac{d\varphi}{R_1\cos^2\varphi+R\sin^2\varphi}.$$

Il faut remarquer que pour la surface des ondes R et R_1 tombent du même côté et ont le même signe que μ; ils doivent donc, comme celle-ci, être supposés positifs; en substituant k dans la formule (29), on aura ainsi, en remarquant que $k=\frac{k'}{t}$,

$$(31)\qquad k=\frac{2\pi}{\sqrt{RR_1}},\qquad \frac{u}{l}=\frac{v}{m}=\frac{w}{n}=\frac{\psi}{4\pi\sqrt{RR_1}}$$

où R, R_1 varient d'ailleurs proportionnellement au temps.

On peut trouver cette formule sans employer les contours apparents, et cela en transformant la somme (27) en une autre relative aux éléments ω_1 de la surface même des ondes; pour y parvenir, supposons une

portion de celle-ci partagée en petits rectangles tels qu'ABCD, par une série de lignes de courbure de l'un et l'autre système, très rapprochées; en menant par M des parallèles aux normales aux divers points de ces lignes, elles détermineront sur la sphère S les points correspondants. Si A′, B′, C′, D′ correspondent ainsi à A, B, C, D, en nommant I l'intersection des normales en A et B, I′ celle des normales en B et C, le plan MA′B′ sera parallèle à IAB, et MB′C′ à I′BC; ils seront par suite perpendiculaires entre eux et il en sera de même de A′B′ et B′C′; ainsi la sphère S sera également partagée en petits rectangles correspondant à ceux de la surface des ondes; A′B′, B′C′ seront égaux aux angles AIB, BI′C, ou à $\frac{AB}{R}$, $\frac{BC}{R_1}$, R et R_1 étant les rayons de courbure principaux; ceux-ci étant tous dirigés intérieurement, peuvent en effet être regardés comme positifs; en prenant pour ω, ω_1 les deux rectangles, on aura ainsi $\omega=\frac{\omega_1}{RR_1}$ et l'équation (27) devient

$$u = -\frac{1}{8\pi^2}\sum \frac{l\psi_1}{RR_1}\,\omega_1.$$

Le plan tangent à l'élément quelconque ω_1 doit être pris pour le plan d'intégration de ψ_1; α, β, γ sont les cosinus de sa normale.

Supposons menée comme au § 7 la normale extérieure II′ passant en O; figurons-la comme verticale de bas en haut, et bornons-nous au cas où le point I est intérieur à la sphère initiale. Les éléments dont le plan tangent ne coupe pas celle-ci devant être laissés de côté, la normale aux autres fait un très petit angle avec la verticale; par conséquent si l'on prend I pour origine d'axes auxiliaires, celui des z étant vertical de haut en bas, ceux des x et des y suivant les directions principales, on pourra, dans le voisinage du point I, supposer l'ordonnée z de la surface exprimée en série convergente suivant les puissances de x, y; au point I on doit avoir

$$\frac{dz}{dx}=0,\quad \frac{dz}{dy}=0,\quad \frac{d^2z}{dxdy}=0,\quad \frac{d^2z}{dx^2}=\frac{1}{R},\quad \frac{d^2z}{dy^2}=\frac{1}{R_1},$$

R, R_1 étant les rayons de courbure principaux, dirigés en bas, et par suite positifs; l'équation de la surface sera donc

$$z = \frac{x^2}{2R} + \frac{y^2}{2R_1}$$

en négligeant les termes suivants; elle est ainsi remplacée par un paraboloïde osculateur.

En nommant z l'ordonnée d'un élément ω_1 et Z la hauteur IN du point N où le plan tangent coupe II′ on aura par les propriétés de la parabole $z = Z$: l'ensemble des éléments ω_1 pour lesquels la hauteur du point N varie de Z à $Z + dZ$ formera donc une zone comprise entre deux sections horizontales S, S′ faites au-dessous de l'origine aux mêmes distances Z, $Z + dZ$; comme précédemment, nous pourrons sans erreur sensible dévier les plans d'intégration en conservant pour chacun le point N où il coupe II′, mais les prenant tous parallèles au plan tangent en I, c'est-à-dire horizontaux; α, β, γ, l seront alors constants; on peut aussi dans l'intégrale u donner à R, R_1 les valeurs qu'ils ont au point I; ψ_1 par suite sera constante pour tous les éléments d'une zone, de même que les autres facteurs multipliant ω_1; on devra donc réunir ces éléments ou prendre pour ω_1 la zone entière; l'angle des normales avec la verticale étant négligeable, on pourra également remplacer la zone par sa projection horizontale ou par la différence des sections elliptiques S, S′; pour la première, l'équation de l'ellipse étant

$$\frac{x^2}{2R} + \frac{y^2}{2R_1} = Z$$

ses demi-axes sont $\sqrt{2RZ}$, $\sqrt{2R_1Z}$, et sa surface $2\pi Z\sqrt{RR_1}$; celle de la deuxième est $2\pi(Z + dZ)\sqrt{RR_1}$; celle de la zone sera donc $2\pi\sqrt{RR_1}\,dZ$, d'où il résulte

$$u = -\frac{l}{4\pi\sqrt{RR_1}}\int\psi_1\,dZ;$$

on a comme on a vu

$$\psi_1 = \frac{d\Psi}{dp}, \quad dZ = dp, \quad \int \psi_1 dZ = -\psi,$$

et l'on retrouve ainsi pour u la valeur (31).

§ 9. **Valeur de RR_1.**

Dans la valeur de u, les quantités considérées comme connues sont les fonctions f_1, f_1', etc., et en outre la direction de MO, c'est-à-dire ses cosinus α', β', γ'; les autres lettres qui y entrent seraient déterminées de suite si l'on donnait à la surface des ondes la forme que Fresnel lui a attribuée; on ne commettrait ainsi qu'une faible erreur; en effet, comme je l'ai démontré précédemment, quoique la surface déduite de la théorie de Cauchy soit seule exacte, il suffit de déterminer par l'expérience les constantes qui y entrent, pour qu'elle coïncide avec l'autre, avec une exactitude dépassant celle des observations.

Toutefois, au point de vue théorique, il est préférable d'exprimer toutes les lettres qui entrent dans la formule au moyen d'éléments concernant la surface des vitesses dont l'équation du sixième degré est connue. Au point I′ de celle-ci qui correspond à I, le plan tangent est perpendiculaire à MI; ses cosinus étant α', β', γ', on en tirera aisément la position du point I′, et par suite α, β, γ, cosinus de MI′; on déterminera ensuite l, m, n au moyen des relations indiquées précédemment, et il ne restera à trouver que RR_1; pour cela, nous établirons le principe général suivant : *Quelle que soit l'origine O, si I, I′ sont des points correspondants de deux surfaces déduites l'une de l'autre, en désignant par ρ, ρ' les distances OI, OI′; par R, R_1 les rayons de courbure principaux de la première surface en I; par R', R_1' ceux de la deuxième en I′, on aura la relation*

(32) $$RR_1R'R'_1 = \rho^4\rho'^4$$

De la sorte, RR_1 qui correspond à la surface des ondes se trouve exprimé au moyen de $R'R_1'$ qui correspond à celle des vitesses.

Soient x, y, z, les coordonnées de I; désignons par p, q, r, s, t comme précédemment les dérivées de z; par $x', y', z', p', q', r', s', t'$ les quantités analogues pour la seconde surface au point I'. Le plan tangent en I est perpendiculaire à OI'; en outre, en nommant δ l'angle IOI' on a

$$\cos\delta = \frac{xx' + yy' + zz'}{\rho\rho'},$$

et la propriété des surfaces déduites est exprimée par $\rho\cos\delta = \frac{1}{\rho'}$; il en résulte

(33) $$\frac{x'}{p} = \frac{y'}{q} = \frac{z'}{-1}, \quad xx' + yy' + zz' = 1.$$

On tire de ces deux relations

(34) $$x' = \frac{p}{\varphi}, \quad y' = \frac{q}{\varphi}, \quad z' = -\frac{1}{\varphi}, \quad \varphi = px + qy - z.$$

Nous pouvons en conséquence considérer x', y', z', p', etc., comme des fonctions de x, y; supposons qu'on ait

(35) $$dx' = f dx + g dy, \quad dy' = f' dx + g' dy, \quad dp' = f'' dx + g'' dy, \quad dq' = f''' dx + g''' dy.$$

Les quantités r', s', sont les rapports $\frac{dp'}{dx'}, \frac{dq'}{dx'}$ en supposant y' constant, ou substituant $dy = -\frac{f}{g} dx$; il en résulte

$$r' = \frac{f''g' - g''f'}{fg' - gf'}, \qquad s' = \frac{f'''g' - g'''f'}{fg' - gf'};$$

de même s', t', sont ce que deviennent $\frac{dp'}{dy'}$, $\frac{dq'}{dy'}$ quand x' est constant, ou $dy = -\frac{f}{g}\,dx$, d'où

$$s' = -\frac{f''g - g''f}{fg' - gf'}, \qquad t' = -\frac{f'''g - g'''f}{fg' - gf'};$$

il en résulte

$$r't' - s'^2 = \frac{(f''g - g''f)(f'''g' - g'''f') - (f''g' - g''f')(f'''g - g'''f)}{(fg' - gf')^2},$$

qui se réduit à

$$r't' - s'^2 = \frac{f''g''' - g''f'''}{fg' - gf'}.$$

La première surface étant déduite de la deuxième, on peut échanger les accents dans les formules (33), ce qui donne

$$p' = -\frac{x}{z}, \qquad q' = -\frac{y}{z},$$

d'où

$$dp' = \frac{x(p\,dx + q\,dy) - z\,dx}{z^2} \qquad dq' = \frac{y(p\,dx + q\,dy) - z\,dy}{z^2};$$

on en tire les coefficients f'', g'', f''', g''' des formules (35), et par suite

$$f''g''' - g''f''' = \frac{(px - z)(qy - z) - pqxy}{z^4} = \frac{z(z - px - qy)}{z^4},$$

ou

$$f''g''' - g''f''' = -\frac{\varphi}{z^4};$$

ensuite en posant $d\varphi = \mathrm{F}\,dx + \mathrm{G}\,dy$, on aura, d'après les équations (34)

$$dx' = d.\frac{p}{\varphi} = \frac{(r\varphi - p\mathrm{F})\,dx + (s\varphi - p\mathrm{G})\,dy}{\varphi^2},$$

$$dy' = d.\frac{q}{\varphi} = \frac{(s\varphi - q\mathrm{F})\,dx + (t\varphi - q\mathrm{G})\,dy}{\varphi^2},$$

d'où l'on tire f, g, f', g'; il en résulte

$$fg' - gf' = \frac{(r\varphi - p\mathrm{F})(t\varphi - q\mathrm{G}) - (s\varphi - p\mathrm{G})(s\varphi - q\mathrm{F})}{\varphi^4}$$

ou

$$fg' - gf' = \frac{(rt - s^2)\varphi - p(t\mathrm{F} - s\mathrm{G}) - q(r\mathrm{G} - s\mathrm{F})}{\varphi^3}.$$

On a d'ailleurs

$$d\varphi = d.(px + qy - z) = x\,dp + y\,dq = \mathrm{F}\,dx + \mathrm{G}\,dy,$$

$$\mathrm{F} = rx + sy, \quad \mathrm{G} = sx + ty,$$

d'où

$$fg' - gf' = \frac{(rt - s^2)(\varphi - px - qy)}{\varphi^3} = -\frac{z(rt - s^2)}{\varphi^3}.$$

Cette valeur et celle de $f''\,g''' - g''\,f'''$ donnent

$$r't' - s'^2 = \frac{\varphi^4}{z^4(rt - s^2)}.$$

D'après la relation (30), on a

$$\mathrm{R'R'_1} = \frac{(1 + p'^2 + q'^2)^2}{r't' - s'^2},$$

et en substituant $p' = -\frac{x}{z}$, $q' = -\frac{y}{z}$,

$$1 + p'^2 + q'^2 = \frac{x^2 + y^2 + z^2}{z^2} \frac{\rho^4}{z^2}, \qquad 1 + p^2 + q^2 \quad \frac{\rho'^2}{z'^2},$$

d'où

$$RR_1R'R'_1 = \frac{(1 + p^2 + q^2)^2 (1 + p'^2 + q'^2)^2}{(rt - s^2)(r't' - s'^2)} = \frac{\rho^4 \rho'^4}{z^4 z'^4} \times \frac{z^4}{r^2};$$

en substituant la valeur (34) $z' = -\frac{1}{r}$, on retrouvera la formule (32) qu'il s'agissait de vérifier.

Dans le cas particulier où les surfaces sont celles des ondes et des vitesses, ayant par suite tous leurs rayons de courbure du même côté, cette formule peut se démontrer géométriquement comme il suit :

Désignons par ω un élément de la sphère S, par ω_1 l'élément correspondant de la surface des ondes, par ω_2 celui de la surface des vitesses; cela signifie que les points du contour de ω ont pour correspondants soit ceux du contour de ω_1, soit ceux du contour de ω_2; or celui-ci et ω sont alors interceptés sur les deux surfaces par un même petit cône de sommet M, le point M servant maintenant d'origine. Il en résulte

$$\omega_2 = \omega . \frac{\rho'^2}{\cos \delta},$$

δ étant l'angle de MI′ avec la normale à l'élément ω_2 placé en I′, c'est-à-dire l'angle IMI′; on a vu aussi au § 8 qu'on avait $\omega = \frac{\omega_1}{RR_1}$; il en résulte

$$RR_1 \omega_2 = \omega_1 \frac{\rho'^2}{\cos \delta}$$

D'ailleurs d'après la propriété des surfaces déduites $\rho \cos \delta = \frac{1}{r'}$, par

suite $RR_1\,\omega_2 = \omega_1 \rho\rho'^3$; mais la surface des ondes étant également déduite de celle des vitesses, on aura de même

$$R'R'_1\,\omega_1 = \omega_2 \rho' p^3,$$

et en multipliant ces deux relations on retrouve la formule (32).

MONOGRAPHIE DES ÉCHINIDES

CONTENUS

DANS LES COUCHES NUMMULITIQUES DE L'ÉGYPTE

PAR

P. DE LORIOL

Il y a quelques années, j'ai publié, dans le tome XVII des Mémoires de la Société, deux Échinides nouveaux des couches nummulitiques de l'Égypte. Je disais alors que, eu égard à la grande extension de ces couches, elles devaient renfermer une faune échinitique beaucoup plus considérable que celle qui était alors connue et qui ne comptait qu'une dixaine d'espèces citées par M. Desor dans le Synopsis des Échinides.

Je ne me trompais pas.

Peu d'années après, M. Delanoue entreprit une exploration géologique aux environs de Thèbes, et rapporta un nombre considérable d'Échinides, qui furent déposés par lui au Muséum de Paris, sans avoir été nommés.

A peu près à la même époque, M. Fraas recueillit aux environs du Caire plusieurs espèces qu'il indiqua dans son intéressant ouvrage sur l'Orient.

Enfin, M. Ernest Cramer et M. Aloys Naville, pendant des voyages et des séjours récents en Égypte, se sont occupés de la recherche des fos-

siles, et en ont rapporté beaucoup d'Échinides, parmi lesquels se trouvent plusieurs espèces nouvelles.

J'ai eu la bonne fortune de pouvoir étudier tous ces riches matériaux.

Par l'obligeant intermédiaire de M. Cotteau, j'ai obtenu de M. Gaudry la communication de tous les Échinides rapportés par M. Delanoue, et de M. Perrier la communication des types de toutes les espèces d'Égypte nommées par Agassiz et Desor dans le Catalogue raisonné des Échinides, mais non encore décrites ni figurées, qui sont conservés dans les galeries zoologiques du Muséum de Paris.

M. Fraas a bien voulu m'envoyer les espèces qu'il a recueillies dans son voyage et qui appartiennent au musée de Stuttgart. Enfin, j'ai entre les mains le produit des courses de MM. Cramer et Naville, et de plus M. Cotteau m'a communiqué plusieurs échantillons de sa collection.

Je désire témoigner ici ma vive reconnaissance pour toutes ces communications si bienveillantes.

L'étude de ces importantes séries m'a permis de porter maintenant à 42 le nombre des espèces d'Échinides des couches nummulitiques de l'Égypte et de décrire 20 espèces nouvelles pour la science.

Ce chiffre de 42 espèces est déjà considérable, il égale à peu près celui des espèces connues dans la faune nummulitique de l'Inde, il est supérieur à celui des espèces nummulitiques du canton de Schwytz où il n'y en a que 34, et il est supérieur aussi à celui des espèces de la faune éocène des Antilles où il n'y en a que 18. En revanche, il est de beaucoup inférieur au chiffre des Échinides de la faune éocène des Pyrénées, qui en compte 93, et à celui de celle du Vicentin où il y en a 89.

En Égypte, la surface à explorer est si étendue, et les explorations ont été jusqu'ici relativement si rares et si rapides qu'il est fort probable qu'il y a encore beaucoup à découvrir et que, plus tard, les résultats que j'annonce aujourd'hui, et qui constituent déjà un progrès notable dans la richesse de la faune, seront encore fort dépassés.

DESCRIPTION DES ESPÈCES

Porocidaris Schmidelii, Desor (Münster).

Pl. I, fig. 1-15.

SYNONYMIE.

	Leske apud Klein, 1778, Additam. ad Kleinii nat. disp. Echin., p. 267, pl. 52, fig. 18.
	Schmidel, 1780, Vorstellung einiger merkw. Versteinerungen, II, p. 40, pl. 21, fig. 3, 4, 5.
	Andreæ, 1876, Briefe aus der Schweiz, pl. 5, fig. 6.
	Parkinson, 1811, Organic Remains, t. III, p. 45, pl. IV, fig. 12.
Cidarites Schmidelii.	Münster, 1830, in Goldfuss, Petref. Germaniæ, I, p. 120, pl. 40, fig. 4.
Cidaris Schmidelii,	Agassiz, 1835, Prodrome, Mém. Soc. Sc. nat. de Neuchâtel, I, p. 188.
Cidarites Schmidelii,	Desmoulins, 1838, Tableau des Échinides, p. 336.
Cidaris Schmidelii,	Agassiz, 1840, Catal. Ectyp. mus. neoc., p. 10.
Cidaris serrata,	d'Archiac, 1847, in Agassiz et Desor, Catal. raisonné, p. 32.
Cidaris Schmidelii,	Agassiz, 1847, Catal. raisonné, p. 29.
Cidaris serrata,	d'Archiac, 1850, Mémoires de la Société géologique de France, 2^{me} série, t. III, p. 419, pl. 10, fig. 6.
Porocidaris serrata,	Desor, 1856, Synopsis des Éch. foss., p. 47, pl. 7, fig. 23.
Porocidaris veronensis,	Mérian in Desor, 1856, Synopsis des Éch. foss., p. 47, pl. 7, fig. 21, 22.
Porocidaris Schmidelii,	Desor, 1856, Synopsis des Éch. foss., p. 47, pl. 7, fig. 22 (copie de Goldfuss).
Porocidaris serrata,	Leymerie et Cotteau, 1856, Catal. des Échin. des Pyrénées, Bull. Soc. géol. de France, 2^{me} série, t. III, p. 323.
Id.	Cotteau, 1863, Échin. foss. des Pyrénées, p. 72, pl. 2, fig. 15-16.
Id.	Cotteau, 1864, Note sur les couches nummul. de Biarritz, Bull. Soc. géol. de France, 2^{me} série, t. XXI, p. 82.
Cidaris serrata,	Schauroth, 1865, Verzeig. der Verst. des Nat. Cab. v. Coburg., p. 188, pl. 8, fig. 10.
Porocidaris serrata,	Laube, 1867, Échinod. Vicentin., Sitzungsberichte der Wiener Acad., t. LVI, p. 241.
Id.	Laube, 1868, Échinod. Vicentin., p. 11, Denkschriften der Wiener Akad. vol. XXIX.

Porocidaris serrata,	Fraas, 1867, Geologisches aus dem Orient, Würtemb. naturw. Jahreshefte, 1867, p. 276, pl. 6, fig. 3.
Id.	Cotteau, 1867, Échinides nouveaux ou peu connus, p. 137, pl. 18, fig. 8-11.
Id.	Taramelli, 1868, Nota sopra alcuni Ech. cret. e terz. del Friuli, Atti del R. Istituto Veneto, vol. XIV, 3^{me} série, p. 2166.
Id.	L. Lartet, 1872, Géologie de la Palestine, Ann. des Sc. géol., t. III, p. 84.
Id.	Pavay, 1874, Die fossilen Seeigel des Ofner Mergels, p. 74, pl. 1, fig. 5.
Id.	Taramelli, 1874, Di alcuni Echin. eoc. dell' Istria, Atti del R. Ist. Veneto, 4^{me} série, t. III, p. 960.
Id.	Quenstedt, 1876, Echiniden, p. 213, pl. 69, fig. 6.
Porocidaris Schmidelii,	Quenstedt, 1876, Echiniden, p. 213, pl. 69, fig. 5.
Porocidaris serrata,	Dames, 1877, Die Echiniden der Vicent. und Veron., Tertiär-Ablagerungen, p. 13.

DIMENSIONS.

Diamètre très approximatif	75 mm.
Hauteur	43

Test circulaire, déprimé en dessus et en dessous, renflé au pourtour.

Zones porifères relativement larges, parfaitement droites. Pores ovales transverses, unis dans chaque paire par un sillon peu profond; les cloisons étroites qui les séparent portent des petits granules extrêmement fins.

Aires ambulacraires larges, droites; elles portent quatre rangées de granules mamelonnés, petits, égaux et homogènes; les rangées sont tout à fait marginales, et bordent très exactement les zones porifères, deux de chaque côté. La zone médiane est large et singulièrement nue, car on ne voit que deux ou trois granules miliaires, inégaux, sur chaque plaque ambulacraire.

Aires interambulacraires très larges; elles portent deux séries de onze à douze tubercules faiblement mamelonnés, profondément crénelés et perforés; la base des mamelons est très saillante, on compte de huit à onze crénelures. Scrobicules peu déprimés, elliptiques et presque confluents à la base du test et à l'ambitus, circulaires et un peu plus écartés aux abords de l'appareil apicial. La surface scrobiculaire est couverte de sillons rayonnants profonds, étroits, qui partent du pourtour et se rapprochent plus ou moins de la base du mamelon, suivant la position du tubercule sur le test; on voit distinctement un pore, ou plutôt une impression poriforme, à chaque extrémité de ce sillon, celui de l'extrémité externe est de beaucoup le plus gros. A l'ambitus et à la face inférieure, ces sillons couvrent presque toute la surface du scrobicule, et le dernier tubercule, au bord du péristome, en a d'aussi longs que les autres; à la face supérieure, en revanche, ils tendent à diminuer de longueur, et ils disparaissent même presque tout à fait sur les scrobicules qui avoisinent l'appareil apicial, mais le gros pore externe

qui les termine reste toujours visible au bord du cercle scrobiculaire, sauf dans un seul scrobicule, celui qui est tout à fait supérieur. Le cercle scrobiculaire n'est complet qu'à la face supérieure, et à peine distinct, car les granules qui le composent ne sont guère plus apparents que les autres. Zone miliaire fort large à l'ambitus et couverte de nombreux granules mamelonnés formant, autour du cercle scrobiculaire, comme des séries arquées équidistantes, et diminuant graduellement de volume en approchant de la suture médiane. Des séries semblables, au nombre de 3 ou 4, couvrent également l'espace qui sépare les tubercules des zones porifères.

Appareil apicial et péristome inconnus.

Sur un seul petit fragment j'ai pu observer la surface interne du test, je n'ai pas vu les bourrelets entourant des dépressions en forme de cases observés par M. Cotteau (Échinides nouveaux, loc. cit.), ils n'existent probablement que dans certaines parties du test. En revanche, j'ai observé que, parfois, l'un des deux pores qui se trouvent dans les sillons rayonnants des scrobicules pénètre dans l'intérieur, mais assez imparfaitement, et quelques-uns de ceux qui se trouvent aux deux extrémités latérales du scrobicule sont seuls dans ce cas ; les autres n'ont aucun orifice interne. M. de Pavay (Éch. des Ofner Mergels, loc. cit.) dit s'être assuré que les pores ne pénètrent pas ; cette pénétration dans tous les cas, lorsqu'elle existe, est très imparfaite.

Quelques-uns des radioles bien connus décrits et figurés sous le nom de *Porocidaris serrata*, adhèrent encore au test que je viens de décrire. Ces radioles abondent dans les couches dans lesquelles il a été recueilli, et forment même parfois une sorte de magma dont M. Fraas (loc. cit.) a figuré un échantillon intéressant. La tige de ces radioles est large, plate, plus convexe sur l'une de ses faces que sur l'autre ; les deux bords sont armés de profondes crénelures en forme de dents de scie, la surface est couverte de très petits granules allongés, tantôt tout à fait épars, tantôt vaguement disposés en séries longitudinales ; parfois aussi ces petits granules se soudent, mais en lignes irrégulières, donnant à la surface un aspect vermiforme extrêmement fin ; sur l'une des faces, surtout, de petites côtes lisses, longitudinales, interrompent la granulation. Avec les radioles à large tige il s'en trouve d'autres à tige beaucoup plus étroite, plus grêle, toujours comprimée, mais cependant un peu moins ; leur ornementation est identique, mais elle présente de plus, quelquefois sur l'une des faces, des aspérités un peu relevées en aiguillons. Ces radioles grêles étaient probablement attachés aux tubercules de la face supérieure. Bien que d'un aspect différent, ils ne peuvent se séparer des autres, auxquels on peut les rattacher par les passages les plus certains ; les dentelures du bord existent la plupart du temps, mais aussi, parfois, elles s'écartent et peuvent même manquer tout à fait, l'ornementation de la surface reste la même.

On remarque sur un individu des taches foncées, reste probable de la coloration. M. de Pavay (loc. cit.) a déjà figuré de ces radioles grêles.

Collerette courte, couverte de granules allongés, beaucoup plus gros que les autres, accompagnés de très fines stries longitudinales. Dans les radioles grêles ces granules disparaissent tout à fait, mais les stries longitudinales restent très marquées.

Bouton court; anneau très saillant, dilaté, crénelé sur le bord. Dans les exemplaires bien conservés on voit que la surface du bouton est couverte de longs sillons rayonnants, serrés, assez profonds, terminés en dehors par une petite dépression; ces sillons sont entièrement semblables à ceux des cercles scrobiculaires, ce qui montre évidemment qu'ils servaient de point d'attache aux muscles qui font mouvoir le radiole ou à des filaments consolidant la gaîne fibreuse qui attachent le radiole au test. Le bouton des radioles grêles ne porte pas ces sillons, c'est ce qui me fait supposer qu'ils appartenaient aux tubercules de la face supérieure. La facette articulaire porte de 8 à 11 profondes crénelures, identiques dans les larges radioles et dans les étroits.

On voit sur le test que les petits radioles attachés aux granules ambulacraires, et aux granules miliaires, sont longs, comprimés, très étroits, très grêles, couverts de fines stries longitudinales.

Rapports et différences. J'ai réuni sous un même nom les trois espèces de *Porocidaris* fossiles, qui présentent des radioles exactement identiques; je suis en cela l'exemple de M. Dames (loc. cit.). Maintenant que l'on connaît des espèces vivantes et que l'on sait combien les radioles varient sur un même test, on ne saurait distinguer le *Poroc. Veronensis* dont les fragments de test figurés correspondent très exactement à ceux qui ont été représentés sous le nom de *Poroc. serrata*, et se rapportent non moins bien au test que je viens de décrire. Quant au *Cidaris Schmidelii*, Münster, le radiole figuré par Goldfuss est absolument identique à ceux que je viens de décrire, et l'on ne conservait cette espèce que parce que Goldfuss indiquait comme gisement le « calcaire jurassique de Dischingen. » Or, d'après MM. Quenstedt et Dames, cette indication de gisement repose certainement sur une erreur, et il y a toute raison de croire que le radiole figuré par Goldfuss provient du nummulitique des environs de Vérone. M. Desor (Synopsis, loc. cit.) assignait encore comme gisement l'oolithe inférieure de Frick (Argovie), mais, dans les recherches considérables que nous avons faites, lorsque nous avons publié l'Échinologie helvétique, rien n'est venu confirmer cette donnée. Du moment que l'on arrive à reconnaître que le *Porocidaris Schmidelii* est la même espèce que le *Porocidaris serrata*, les lois de la priorité obligent malheureusement à donner à l'espèce le premier de ces noms, et à laisser en synonymie le second qui est beaucoup plus connu. Schmidel, qui a donné une bonne figure des radioles de l'espèce, citée par

Goldfuss comme se rapportant au *Cidarites Schmidelii*, dit positivement que ses exemplaires proviennent de « Valle Domenica, près de Vérone. »

Le test que je viens de décrire est le premier qui ait été découvert; on ne connaissait jusqu'ici que des fragments portant un ou deux tubercules. Son étude fait maintenant connaître la plupart des caractères de cette espèce ainsi que ceux du genre auquel elle appartient. En général, ils montrent que c'est avec raison que M. Wyville Thomson a rangé dans le genre *Porocidaris* l'espèce vivante qu'il a découverte. Dans cette dernière les tubercules de la face supérieure seuls sont fortement crénelés, tandis que ceux de la face inférieure sont lisses. Ceci, dans la famille des Cidaridées, n'a aucune importance comme caractère générique. Les scrobicules de l'espèce vivante ne présentent point les sillons rayonnants et les impressions poriformes de l'espèce fossile, ce qui, au premier abord, paraît constituer une différence importante. Cependant, maintenant que nous savons que les scrobicules avoisinant l'appareil apicial dans le *Porocidaris Schmidelii*, n'ont plus ces sillons, mais conservent seulement les impressions ou pores externes, et que même, dans l'un des scrobicules de l'exemplaire que j'ai étudié, ils disparaissent complètement, la valeur organique de ce caractère perd beaucoup de son importance. Ces sillons avaient évidemment pour but un perfectionnement dans le mouvement des radioles, ou dans leur adhérence au test, et une espèce peut très bien avoir été plus favorisée qu'une autre, sous ce rapport, sans devoir être classée pour cela dans un genre différent. Du reste, M. Wyville Thomson dit que, dans le *Porocidaris purpurata*, on voit dans les scrobicules une série de petites impressions servant de points d'attache aux muscles moteurs des radioles, et ce sont bien certainement, me paraît-il, les équivalents des sillons du *Porocidaris Schmidelii*. M. Dames (loc. cit.) supposait déjà que tous les scrobicules du *Poroc. Schmidelii* n'étaient pas au même degré pourvus de sillons rayonnants, le test décrit confirme tout à fait sa supposition. Ce qui est un peu difficile à comprendre, c'est pourquoi les scrobicules qui entourent les très petits tubercules de la face inférieure portant de très petits radioles, sont si fortement sillonnés, tandis que ceux qui entourent le dernier tubercule, beaucoup plus gros, de la face supérieure, en sont presque dépourvus. Tous les autres caractères génériques appréciables du *Porocidaris Schmidelii* se retrouvent dans le *Porocidaris purpurata*, et, même au point de vue spécifique, les deux espèces sont très voisines. Dans la seconde aussi, il y a, à la face supérieure, des radioles plus étroits et plus grêles que les autres. La connaissance de l'appareil apicial de l'espèce fossile serait encore désirable pour amener à la certitude le classement des deux espèces dans le même genre (il est très particulier dans le *Por. purpurata*, les pores génitaux s'avancent dans les aires interambulacraires, mais, dans la nouvelle espèce provenant du *Challenger* et

non encore décrite, il n'en est, paraît-il, pas de même), cependant, je le répète, les raisons que j'ai données me font regarder ce classement comme tout à fait certain.

Les radioles du *Cidaris pseudo-serrata*, Cotteau, ne me paraissent pas devoir être réunis au *Porocidaris Schmidelii*, car ils présentent certainement des différences suffisantes, et ne se trouvent pas dans les mêmes localités.

Localités. Ouady-el-Tih, derrière le tombeau des Califes (M. Cramer), Mokattan, sud-est de la Citadelle (M. Delanoue). Le Caire, derrière les tombeaux des Califes, et au pied des Pyramides de Gyseh (M. Fraas).

Explication des figures.

Pl. I. Fig. 1. . *Porocidaris Schmidelii*, test de grandeur naturelle, vu en dessus. Mokattan. Muséum de Paris. Collection d'Orbigny, rapporté par M. Delanoue.

Fig. 1 a. Le même, vu de côté, le test a été écrasé et déformé en partie, cependant la partie à gauche est intacte et donne la mesure juste de la hauteur, ainsi que la forme.

Fig. 1 b. Moitié de l'une des aires interambulacraires étalée, de grandeur naturelle.

Fig. 1 c. Plaque interambulacraire de la face inférieure du même individu aux abords du péristome, grossie.

Fig. 1 d. Plaque interambulacraire de la face supérieure, la seconde à partir de l'appareil apicial, grossie; les sillons du scrobicule ont disparu, il ne reste que les pores de l'extrémité externe.

Fig. 1 e. Plaque interambulacraire de l'ambitus du même individu, grossie.

Fig. 1 f. Fragment de l'une des aires ambulacraires du même individu, grossie.

Fig. 2. . Plaque interambulacraire trouvée isolée, de grandeur naturelle, recueillie par M. Cramer.

Fig. 2 a. La même, vue en dedans et grossie, pour montrer la pénétration de quelques pores du scrobicule.

Fig. 3, 3 a, 3 b, 4, 4 a, 4 b, 5, 5 a, 5 b, 6. Radioles larges. Les figures *3 b* et *4 b* représentent le bouton grossi vu de dessous, pour montrer les sillons qui le couvrent; la figure *5 b* représente un fragment de la tige grossi. Les autres figures sont de grandeur naturelle.

Fig. 7. . Radiole grêle, de grandeur naturelle. *Fig. 7 a.* Bouton du même, grossi *Fig. 7 b.* Fragment de la tige, grossi.

Fig. 8-12. Radioles de diverses formes, de grandeur naturelle.

Fig. 13, 13 a. Fragment de radiole tout à fait grêle, de grandeur naturelle.

Fig. 14, 14 a, 15, 15 a. Extrémité de la tige de deux radioles, de grandeur naturelle, vue sur ses deux faces.

Les originaux des figures 7, 10, 11, 12, 13, ont été recueillis par M. Delanoue, au Mokattan, les autres par M. Cramer, derrière le tombeau des Califes.

Orthopsis Ruppelii (Desor), P. de Loriol.

Pl. I, fig. 16.

SYNONYMIE.

Diadema Ruppelii,		Desor, 1847, in Agassiz et Desor, Catalogue raisonné des Échin., p. 45.
Pseudodiadema Ruppelii,		Desor, 1856, Synopsis, p. 73.
	Id.	Cotteau, 1864, Paléont. franç., Ter. crétacés, t. VII, p. 520.
?	*Id.*	Duncan, 1867, Descr. of the Echinod. of the cret. rocks of Sinai. Quart. Journal geol. Soc. of London, vol. XXIII, part. 1, p. 39.
	Id.	L. Lartet, 1872, Géologie de la Palestine, Ann. des Sc. géolog., t. III, p. 83.

DIMENSIONS.

Diamètre	41 mm.
Hauteur par rapport au diamètre	0,53

Forme subhémisphérique, peu renflée au pourtour, presque plane en dessous.

Zones porifères parfaitement droites, point déprimées. Pores disposés par simples paires, très régulièrement superposés, sans aucun dédoublement, ni au sommet, ni à la base; entre les deux pores de chaque paire se trouve un petit granule.

Aires ambulacraires étroites, garnies de deux rangées de tubercules assez gros, relativement très serrés, perforés, non crénelés, diminuant peu à la face inférieure, très graduellement affaiblis à la face supérieure, où, çà et là, quelque plaque s'en trouve dépourvue. Ces rangées sont tout à fait marginales; dans l'espace intermédiaire médian se trouvent deux rangées de petits granules mamelonnés, écartés, une rangée de granules semblables, encore plus petits, borde chaque zone porifère; toute la surface intermédiaire est couverte de granules extrêmement ténus et très serrés, formant un chagrin d'une finesse extraordinaire, presque invisible à l'œil nu.

Les plaques ambulacraires présentent une grande régularité, elles sont rectangulaires, étroites, égales entre elles, et séparées par des sutures bien marquées; deux plaques contiguës portent un tubercule qui les occupe entièrement; entre chaque tubercule se trouve une plaque qui porte à chaque extrémité un des petits granules mamelonnés formant les rangées dont il a été parlé. Chacune des plaques est percée d'une paire de pores.

Aires interambulacraires larges, garnies de deux rangées de tubercules principaux perforés, non crénelés, à peu près égaux partout, diminuant fort peu à la face supérieure; il y en a un sur chaque plaque coronale et ils sont plus volumineux que ceux des aires ambulacraires. Outre ces deux rangées de tubercules principaux, il s'en

trouve quatre de tubercules secondaires, deux médianes et une externe de chaque côté; à la face inférieure ils sont à peu près aussi volumineux que les autres, mais, à la face supérieure, ils s'affaiblissent rapidement, et ils n'atteignent pas le sommet. On remarque en outre quelques granules mamelonnés, épars, très espacés, au nombre de 8 ou 10 seulement par plaque. Tout le reste de la surface est occupé par une granulation extrêmement délicate, une sorte de chagrin d'une finesse extrême, semblable à celui qui couvre les aires ambulacraires. Les plaques interambulacraires sont hautes et séparées par des sutures bien marquées; on compte pour chacune 5 et 6 plaques ambulacraires.

Péristome relativement petit, nullement enfoncé, presque à fleur de la face inférieure; son diamètre égale 0,31 du diamètre de l'oursin. Les entailles ne sont pas très profondes, mais étroites, et nettement définies.

Appareil apicial et périprocte inconnus.

Rapports et différences. Je ne connais qu'un seul exemplaire de cette espèce; c'est le même qui a servi de type à M. Desor. Malgré un examen des plus attentifs je n'ai pu découvrir aucune trace de crénelures autour de ses tubercules, et j'ai dû reporter l'espèce dans le genre *Orthopsis*, dont elle a d'ailleurs le facies, les plaques ambulacraires extrêmement régulières, et la surface chagrinée. Ce serait, à ma connaissance du moins, la première espèce tertiaire du genre *Orthopsis*, dont les plus récentes provenaient jusqu'ici de l'étage sénonien. D'après l'étiquette du Muséum, l'échantillon décrit a été rapporté en 1837 par M. Lefèbvre du « terrain crétacé d'Égypte; » il est cependant fort probable qu'il provient du terrain éocène du Mokattan; je n'ai pu découvrir, à la vérité, aucun nummulite dans les fragments de la gangue encore attachés à l'échantillon, mais elle est tout à fait identique à celle d'autres oursins du nummulitique du Mokattan. L'*Orthopsis Ruppelii* se distingue facilement des autres espèces du genre, par ses proportions, ses tubercules ambulacraires très serrés, ses granules rares, la finesse extrême de la granulation chagrinée qui couvre sa surface, et son petit péristome.

Localité. Égypte (rapporté par M. Lefèbvre). Muséum d'histoire naturelle de Paris, galeries zoologiques.

Explication des figures.

Pl. I. Fig. 16, 16 a, 16 b. Orthopsis Ruppelii, de grandeur naturelle. Type de l'espèce.
Fig. 16 c. . . . . . Fragment du test du même individu, grossi.

Micropsis Fraasi, P. de Loriol, 1880.

Pl. I, fig. 17.

SYNONYMIE.

Pseudodiadema Ruppelii, Fraas, 1867, Geologisches aus dem Orient, Würtemb. naturw. Jahreshefte, 1867, p. 277.

DIMENSIONS.

Diamètre	95 mm.
Hauteur approximative	50

Forme circulaire, paraissant avoir été fort déprimée; la face supérieure étant très incomplètement conservée, la hauteur exacte ne peut être donnée. Face inférieure très enfoncée autour du péristome.

Zones porifères droites, un peu déprimées. Pores nullement dédoublés près du péristome, disposés à la face inférieure par simples paires régulièrement superposées; à l'ambitus les paires de pores tendent à dévier de la ligne droite et à former de petits arcs de trois paires. Un petit granule sépare les deux pores de chaque paire.

Aires ambulacraires étroites, portant quatre rangées de tubercules crénelés, imperforés, égaux, relativement peu développés; une rangée borde exactement de chaque côté les zones porifères; elle est composée de tubercules très serrés; les deux rangées internes sont tout à fait contiguës, mais moins régulières, une plaque çà et là manquant de tubercule. La région médiane, assez nue, n'est garnie que de granules inégaux et très espacés.

Aires interambulacraires fort larges, à l'ambitus elles portent au moins douze à treize rangées de tubercules imperforés et crénelés, à peu près tous égaux entre eux, et de même volume que les tubercules ambulacraires. Je ne saurais dire comment se comportent ces rangées à la face supérieure. A la face inférieure tous les tubercules paraissent parfaitement égaux. Ils forment des séries transverses assez régulières, entre chacune desquelles se trouvent une ou deux lignées irrégulières de petits granules sensiblement égaux et de même taille que ceux des aires ambulacraires.

Péristome très enfoncé, très petit, son diamètre n'atteignant que 0,22 du diamètre de l'oursin. Les entailles sont étroites, profondes, relevées et marginées sur les bords.

Rapports et différences. Cette magnifique espèce présente tous les caractères du genre *Micropsis* et peut même être envisagée comme très typique. L'exemplaire que j'ai décrit n'est malheureusement pas complet, mais ce qu'on en voit est suffisant pour

caractériser l'espèce et pour montrer qu'elle se distingue nettement des autres. Elle est remarquable, en particulier, par ses nombreux tubercules et la rareté des granules qui les accompagnent, soit dans les aires ambulacraires, soit dans les interambulacraires. Ces caractères la distinguent nettement, entre autres (indépendamment des tubercules imperforés) de l'*Orthopsis Ruppelii* que M. Fraas pouvait bien méconnaître, puisqu'il n'avait pas été figuré et à peine décrit; c'est par inadvertance que M. Desor dans la courte diagnose qu'il donne de cette dernière espèce, dit qu'il y a 6 rangées de tubercules *secondaires*, il y a 6 rangées en tout dans chaque aire interambulacraire.

Localité. Mokattan (M. Fraas). Musée de Stuttgart.

Explication des figures.

Pl. I. Fig. 17. . *Micropsis Fraasi*, exemplaire de grandeur naturelle, dont la face supérieure ne présente plus que des fragments de test.

Fig. 17 a. Grossissements d'une aire ambulacraire et de la moitié d'une aire interambulacraire.

Micropsis Mokattanensis, Cotteau.

Pl. IV, fig. 1.

SYNONYMIE.

Micropsis Mokattanensis, Cotteau, 1880, Échinides nouveaux ou peu connus, pl. 31, fig. 1-4.

DIMENSIONS.

Diamètre..... 46 mm.

Forme circulaire, un peu renflée au pourtour. La face inférieure paraît particulièrement convexe. On ne distingue pas bien la forme exacte de la face supérieure dont le sommet est enfoncé.

Zones porifères à fleur du test, parfaitement droites, composées de pores disposés par simples paires immédiatement superposées.

Aires ambulacraires relativement étroites, avec deux rangées tout à fait marginales de tubercules peu développés, serrés, scrobiculés, faiblement mamelonnés, crénelés, non perforés, diminuant peu de volume, soit à la face inférieure, soit au sommet. Toute la région médiane, relativement large, est occupée par de nombreux granules inégaux et serrés. Entre les tubercules et les zones porifères il n'y a que quelques petits granules épars. A la face inférieure les aires deviennent extrêmement étroites, et, vers le péristome, les deux séries de tubercules ne sont plus séparées que par un filet de granules.

Aires interambulacraires larges, un peu déprimées au milieu, surtout près du sommet. Elles portent deux rangées de tubercules principaux semblables à ceux des aires ambulacraires, mais un peu plus volumineux. Il y a de plus quatre rangées de tubercules secondaires, une interne et une externe de chaque côté des rangées principales et rapprochées d'elles; elles sont irrégulières, tantôt sur une des plaques il y a un tubercule secondaire de chaque côté du principal, tantôt il n'y en a point, ou bien un externe et point d'interne et vice versa, plus rarement il s'en trouve deux superposés; ces tubercules sont notablement plus petits que les tubercules ambulacraires et ils remontent à une distance variable au-dessus de l'ambitus; ils disparaissent complètement près du sommet. Tout le reste de la surface est entièrement et uniformément couvert de granules fins, inégaux et très serrés.

Péristome enfoncé, relativement petit, son diamètre n'excédant pas 0,26 de celui de l'oursin. Les entailles péristomales sont étroites, assez profondes et entourées d'une lèvre saillante.

Rapports et différences. Cette espèce intéressante, dont M. Cotteau a bien voulu me confier le type, pour compléter ma monographie, diffère un peu des autres *Micropsis* par ses zones porifères parfaitement rectilignes. Elle ressemble beaucoup au *Cyphosoma superbum*, Dames, du Vicentin et, si la forme paraît au premier abord bien différente, il faut se souvenir que l'exemplaire d'Égypte étant un peu dévié, et ayant le sommet de ses aires, sur une certaine longueur, enfoncé et comme recourbé dans la région apiciale qui est devenue une large cavité, nous ne connaissons point sa forme véritable qui pouvait être bien plus hémisphérique. Le *Cyph. superbum* en diffère par ses rangées de tubercules secondaires tout à fait régulières, ses granules peu nombreux et laissant le milieu des aires interambulacraires presque dénudé, au lieu d'être très serrés et partout uniformément répandus.

Localité. Mokattan.

Collection. Cotteau.

Explication des figures.

Pl. IV. Fig. 1. . *Micropsis Mokattanensis*, exemplaire type de grandeur naturelle, avec la face supérieure enfoncée.

Fig. 1 a. Le même, vu sur la face inférieure qui est un peu déviée.

Fig. 1 b. Le même, vu de côté.

Ces figures sont de grandeur naturelle.

Fig. 1 c. Plaque ambulacraire et plaque interambulacraire grossies; cette dernière est une de celles qui ont deux tubercules secondaires d'un côté.

Fig. 1 d. Entaille péristomale grossie.

Sismondia Logotheti, Fraas.

Pl. II, fig. 1-5.

SYNONYMIE.

Sismondia Logotheti, Fraas, 1867, Geologisches aus dem Orient, Würtemb. naturw. Jahreshefte, t. XXIII, p. 280, pl. 6, fig. 9.

DIMENSIONS.

Longueur	8 à 11 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,88 à 1,00
Hauteur id. id.	0,32 à 0,35

Forme plus ou moins ovale, quelquefois même subcirculaire, ordinairement rétrécie en avant; le bord postérieur est tantôt un peu rétréci, tantôt arrondi, mais pas tronqué. Face supérieure conique, non déprimée autour du pourtour. Face inférieure non pulvinée, uniformément concave, depuis le bord jusqu'au péristome. Bord relativement mince, non renflé. Sommet ambulacraire central ou légèrement excentrique, correspondant avec le point culminant de la face supérieure.

Appareil apicial peu distinct. Quatre pores génitaux.

Ambulacres pétaloïdes, relativement courts, sensiblement égaux et identiques entre eux, tendant à s'effiler à leur extrémité, mais non fermés. Zones porifères non déprimées, pas très larges, composées de 16 à 18 paires de pores unis par un profond sillon; elles s'arquent notablement en se resserrant l'une vers l'autre à leur extrémité. Zones interporifères tout à fait planes, plus larges que l'une des zones porifères.

Péristome central, pentagonal, son bord est taillé obliquement et non perpendiculaire.

Périprocte ovale dans le sens de la longueur, un peu plus rapproché du bord postérieur que le point médian de la distance qui sépare ce dernier du péristome.

Tubercules scrobiculés, très écartés à la face supérieure, un peu plus serrés à la face inférieure.

Rapports et différences. Cette jolie espèce est bien caractérisée par sa face supérieure conique, sa face inférieure uniformément concave, son bord mince, ses ambulacres non costulés et ses tubercules très écartés à la face supérieure. Ces caractères paraissent fort constants sur une quinzaine d'exemplaires que j'ai examinés, parmi lesquels les types de M. Fraas (la forme seule est un peu variable, tantôt ovale, tantôt subcirculaire); ils la distinguent facilement de l'espèce du Vicentin décrite par Agassiz sous le nom d'*Echinocyamus Annonii*, à laquelle MM. Quenstedt et Dames voudraient

rendre le nom de *rosaceus* en remontant à l'*Echinodiscus rosaceus*, de Leske, qui a donné une figure méconnaissable d'un individu, provenant, il est vrai, du Vicentin (Additamenta, p. 209, pl. 40, fig. 4). Je ne suis point d'accord avec M. Quenstedt, qui pense devoir réunir ces deux espèces. Le *Sismondia planulata* d'Archiac, auquel les deux auteurs précités veulent aussi réunir l'espèce du Vicentin, me paraît certainement différent; le *Sism. Logotheti* s'en distingue par sa face supérieure conique, sa face inférieure concave et non *légèrement bombée*, son périprocte plus écarté du bord et ses tubercules plus écartés.

Localités. Siout, Montagne des Morts (M. Fraas). Musée de Stuttgart. Environs de Thèbes (M. Delanoue). Muséum de Paris; collection d'Orbigny.

Explication des figures.

Pl. II. Fig. 1 à 5. Sismondia Logotheti, individus de grandeur naturelle. La *fig. 4 a* représente la région ambulacraire grossie.

Les originaux des *fig. 1, 3, 5* ont été recueillis à Siout, sur la Montagne des Morts, par M. Fraas; ceux des *fig. 2 et 4* à Thèbes, par M. Delanoue.

Sismondia Sæmanni, P. de Loriol, 1880.

Pl. II, fig. 6-7.

DIMENSIONS.

Longueur	11 à 13 mm.
Largeur, par rapport à la longueur	0,83 à 0,91
Hauteur id. id.	0,22

Forme ovale, allongée, variant un peu dans sa largeur proportionnelle, également rétrécie en avant et en arrière. Face supérieure tout à fait déprimée, ne présentant presque point de convexité. Face inférieure presque plate, un peu déprimée seulement autour du péristome. Bord assez épais.

Sommet ambulacraire central.

Ambulacres pétaloïdes, larges, courts, costulés, sensiblement égaux entre eux, bien ouverts à leur extrémité. Zones porifères à fleur du test, leurs branches externes sont un peu arquées à leur extrémité; les pores de chaque paire sont unis par un sillon bien marqué. Zones interporifères renflées, relevées en côtes assez accusées; leur largeur est notablement plus forte que celle de l'une des zones porifères.

Péristome central, pentagonal.

Périprocte subcirculaire, très petit, situé beaucoup plus près du bord postérieur que du péristome.

Tubercules très petits et très serrés à la face supérieure, comme à la face inférieure.

Rapports et différences. Cette espèce est certainement fort voisine du *Sismondia planulata* d'Archiac, dont je n'ai malheureusement pu comparer aucun échantillon. A en juger par la figure et la description données, elle s'en distingue par ses ambulacres costulés, dont l'espace interporifère est plus large, par sa face inférieure nullement bombée, par son périprocte très petit et encore plus rapproché du bord, enfin par sa forme d'un ovale singulièrement régulier. Je ne vois pas d'autre espèce avec laquelle celle-ci puisse être confondue. Le *Sism. Logotheti* s'en distingue à première vue par sa face supérieure conique, sa face inférieure largement concave, ses ambulacres non costulés, etc.

Localité. Quelques exemplaires de cette espèce m'ont été remis dans le temps par M. Sœmann, comme provenant du « nummulitique d'Égypte. » J'ignore la localité précise où ils ont été trouvés. M. Fraas cite le *S. planulata* du Mokattan, mais je n'ai pas vu ses échantillons.

Explication des figures.

Pl. II. Fig. 6-7. Sismondia Sœmanni, individu de grandeur naturelle. *Fig. 6 c.* Région ambulacraire grossie.

Echinocyamus Luciani, P. de Loriol, 1880.

Pl. II, fig. 8-15.

DIMENSIONS.

Longueur	3 à 11 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,66 à 0,73
Hauteur id. id.	0,55 à 0,65

Forme ovoïde, subcylindrique, relativement étroite, parfois également arrondie en avant et en arrière, le plus souvent notablement rétrécie en avant. Face supérieure très élevée, renflée, très uniformément convexe. Face inférieure convexe, un peu aplatie au milieu et légèrement déprimée autour du péristome. Pourtour très arrondi.

Sommet ambulacraire un peu excentrique en avant.

Ambulacres à peu près égaux entre eux, soit en largeur, soit en longueur ; les deux antérieurs pairs sont très divergents, presque transverses, les deux postérieurs un peu plus longs et plus rapprochés. Ils sont très ouverts à leur extrémité, et leurs zones porifères, égales en longueur, sont droites, sans aucune tendance à se resserrer à leur extrémité. Pores arrondis, tout à fait simples, au nombre de onze à douze paires dans les ambulacres postérieurs des grands individus.

Péristome central, petit, pentagone.

Périprocte ovale ou subcirculaire, ouvert à peu près au point médian entre le bord et le péristome dans les petits exemplaires, tendant à se rapprocher toujours plus du péristome à mesure que le test prend une plus grande taille ; dans certains individus il est bien plus près du péristome que du bord.

Tubercules relativement assez gros, serrés, à peu près uniformes sur toute la surface du test.

Rapports et différences. Cette espèce, très nettement caractérisée par sa forme subcylindrique, élevée, presqu'également convexe en dessus et en dessous, ne saurait être confondue avec aucune de celles que je connais. Sa forme la rapproche assez des *Fibularia*. Elle paraît très constante dans tous ses caractères, car, bien que j'aie examiné un assez bon nombre d'individus, je n'ai pas à noter de variations sensibles ; celles que j'observe ont trait à la forme, qui, toujours étroite et très élevée, l'est tantôt plus, tantôt moins, la région antérieure, à peu près toujours rétrécie, l'est cependant bien plus dans certains individus que dans d'autres. La taille varie dans de notables proportions, mais tous les passages s'observent facilement entre les plus petits individus et les plus grands échantillons.

Localité. Ouadi el Tih, près du Caire. Recueilli dans le sable par M. Cramer et par son fils, auquel j'ai dédié l'espèce.

Explication des figures.

Pl. II. Fig. 8-15. Echinocyamus Luciani, divers échantillons de forme et de taille diverses. La *fig. 9 b* représente la région ambulacraire grossie, la *fig. 12* la face inférieure grossie ; les autres figures sont de grandeur naturelle.

Genre CONOCLYPEUS, Agassiz.

Le genre *Conoclypeus* a été jusqu'ici placé dans la famille des Cassidulidées, près du genre *Echinolampas*. Une découverte récente vient de démontrer que ces oursins n'appartiennent point aux Échinides exocycliques atélostomes, mais qu'ils sont pourvus d'un appareil masticateur très parfait, et doivent être par conséquent rangés parmi les Échinides gnathostomes. M. Zittel (Handbuch der Paleontologie, vol. I, p. 515), qui, le premier, a mentionné ce fait si intéressant, propose, avec beaucoup

de raison, de créer pour le genre *Conoclypeus* une nouvelle famille, la famille des *Conoclypoïdées*, qui trouvera sa place toute naturelle entre la famille des *Échinoconidées* et celle des *Clypéastroïdées*. Le genre *Oviclypeus*, Dames, doit être aussi compris dans cette petite famille, à cause de ses grandes affinités avec le genre *Conoclypeus*, ainsi que M. Zittel le fait observer. Dans un échantillon de l'*Oviclypeus Lorioli* que je possède, fracturé non loin du péristome, j'ai réussi à dégager, dans l'intérieur, des pyramides très puissantes, tout à fait identiques à celles des *Conoclypeus*, et j'ai pu même constater l'existence des singuliers appendices cylindriques dont il sera question plus loin, qui partaient par paires de l'anneau péristomal dans les espaces interambulacraires, et allaient se souder quelque part au test en restant libres sur leur parcours.

D'après les figures données par M. Zittel (loc. cit. fig. 369 et 376), on voit, à la face interne du test de l'original (un fragment du *Conoclypeus conoideus*), un anneau élevé entourant le péristome, autour duquel sont éparses des pyramides très solides, très longues, se rapprochant de celles des Échinides endocycliques. M. Quenstedt (Echiniden, pl. 81, fig. 4) avait déjà figuré la face interne du test d'un *Conoclypeus conoideus* dans la région péristomale, mais, dans cet échantillon, l'usure a fait disparaître toute trace des cavités, etc., on ne voit qu'un anneau calcaire à bord tout uni, et, dans la description de cette pièce, M. Quenstedt n'a pas émis l'idée qu'elle pût servir à soutenir un appareil masticateur. Toutefois, l'étude de cette figure et la constatation de cette structure particulière aurait dû donner l'éveil à ce sujet, et j'avoue ne point m'en être assez préoccupé dans ma monographie des Échinides tertiaires de la Suisse. Depuis lors, dans un envoi de fossiles du Vicentin que m'a fait M. Meneguzzo, j'ai trouvé deux fragments du *Conoclypeus conoideus*, qui offrent des préparations naturelles très parfaites de la face interne de cette espèce, dans la région péristomale. Comme elles complètent, sous plusieurs rapports, celle qu'a obtenue M. Zittel, il me paraît utile d'en donner ici la description et la figure. Ainsi que cela a déjà été indiqué par les auteurs précités, on remarque d'abord, autour de l'orifice du

péristome, cinq profondes cavités qui correspondent aux cinq bourrelets péristomaux de la face externe. Entre ces cavités se trouvent cinq larges côtes plates qui s'arquent, se relèvent, se soudent au sommet et forment un anneau très saillant à l'intérieur, autour du péristome. Au milieu de chacune de ces côtes, dans une légère dépression, se trouvent les aires ambulacraires correspondant aux cinq pseudo-phyllodes. A la face inférieure de l'oursin les plaques ambulacraires sont extrêmement minces, rectangulaires et fort larges. Vers leur extrémité se trouvent les pores, en forme de fente très courte, ne perforant pas directement les plaques, mais se trouvant sur les sutures, un seul sur chaque suture, superposés sans régularité ; dans le pseudo-phyllode les plaques deviennent brusquement beaucoup moins larges, plus hautes et plus carrées, mais il n'y a toujours qu'un seul pore, beaucoup plus rond, sur chaque suture. Les pores se continuent encore, mais en petit nombre, en dehors des plaques, jusque sur l'anneau ; ils ne sont en aucune façon dédoublés, il n'y a aucune intercalation de plaques supplémentaires, et, par conséquent, point de véritable phyllode, comme dans les Cassidulidées, mais une sorte de pseudo-phyllode avec une seule rangée de pores de chaque côté. Du pourtour externe de l'anneau partent, au-dessus des cavités interambulacraires, cinq paires de prolongements calcaires isolés, libres, cylindriques ou elliptiques, qui paraissent s'arquer tout d'abord, mais dont une faible portion seulement est conservée ; ces appendices me paraissent n'avoir rien à faire avec l'appareil masticatoire, mais je pense qu'ils se prolongeaient librement dans l'intérieur du test, allaient se souder quelque part aux parois, et jouaient le rôle des piliers des Clypéastres ou des cloisons des Discoïdées. Dans l'*Oviclypeus* où, ainsi qu'il a été dit, j'ai constaté la présence de ces appendices, on voit, d'après leur courbure, qu'ils se dirigent vers la face supérieure. Le bord interne de l'anneau est une lame très mince soutenue par dix contreforts externes un en face de chaque aire ; elle paraît avoir été notablement élevée et joue évidemment le rôle des auricules ; restait-elle entière, ou se subdivisait-elle en cinq paires d'auricules distinctes, c'est ce que je ne saurais

dire d'après mon échantillon, qui ne m'apprend rien non plus relativement à sa véritable hauteur ; les échancrures que l'on voit sur l'échantillon, et que j'ai fait reproduire dans le dessin, sont, suivant toute apparence, des cassures accidentelles. En face de chacune des paires d'appendices dont il a été parlé, du côté interne, se trouvent deux cavités rapprochées, profondes, dans lesquelles paraît s'être insérée une pièce bifurquée, dont l'extrémité se trouve encore en place dans deux endroits ; dans les intervalles, en face de chaque aire ambulacraire, se trouvent encore deux cavités plus petites, moins profondes et plus écartées ; cette seconde série de cavités était, probablement, le point d'attache des muscles. Les pyramides ne sont pas assez bien conservées pour être comprises très exactement ; l'une d'elles, dont on ne voit que l'une des moitiés, avait au moins 25mm de longueur, elle était large et arquée, les faces suturales externes sont planes et rectilignes, un profond sillon les borde à l'intérieur ; la facette suturale interne est un peu excavée et très raccourcie, parce que la pyramide, dans plus de sa moitié supérieure, se bifurquait largement. La face externe est profondément déprimée. Je n'ai vu aucune autre des pièces de l'appareil ; il paraît avoir été assez semblable à celui des Échinides endocycliques, et avoir constitué une véritable lanterne, mais, à côté de cela, l'on peut constater de notables différences. Il serait bien intéressant de pouvoir le comparer avec celui d'un *Echinoconus* ou d'un *Discoidea*. Rien ne le rapproche de celui des *Clypeaster*. L'échantillon figuré provient de Galantiga près Montecchio-Maggiore.

Il résulte de ces nouvelles découvertes que le genre *Conoclypeus* doit être soumis à une révision complète. Il vient d'être dit que, dans l'espèce qui devra être envisagée comme type, le *Conoclypeus conoideus,* il n'y a aucune trace de véritable phyllode, aucun dédoublement des plaques ambulacraires autour du péristome ; ce fait sert à prouver de nouveau que la présence du phyllode est éminemment caractéristique des espèces de la famille des Cassidulidées et que, jusqu'à preuve du contraire, on peut regarder la présence d'un phyllode comme coïncidant avec l'absence d'un

appareil masticatoire. Dans certains genres de la famille des Cassidulidées, comme par exemple dans le genre *Botriopygus,* le phyllode est très peu développé, même presque invisible, cependant il y a toujours un dédoublement des plaques ambulacraires, l'intercalation d'une double série de plaques supplémentaires, percées de pores aux abords du péristome, ainsi que cela ressort très clairement de la figure que j'ai donnée du péristome du *Botriopygus Morloti* (Monogr. des Échin. crétacés de la Suisse, pl. 17, fig. 3). Il ne sera plus possible de dire que la présence des bourrelets péristomaux implique nécessairement la présence d'un phyllode, car, dans le *Conoclypeus conoideus* où les pores restent simples près du péristome, ces bourrelets prennent un développement énorme ; toutefois il faut remarquer qu'ils sont égaux entre eux et qu'ils s'avancent au-dessus d'un péristome circulaire et non pentagonal. En revanche on pourra affirmer, *à priori,* jusqu'à preuve du contraire, que toutes les espèces classées jusqu'ici dans le genre *Conoclypeus,* qui possèdent des phyllodes, ne lui appartiennent point, et font, suivant toute probabilité, partie du genre *Echinolampas,* ou bien devront être classées dans de nouveaux genres. Tel est le cas tout d'abord pour les espèces crétacées et, en particulier, pour le *Conoclypeus ovatus* d'Orb. (Con. Leskei, Godf.), qui a un floscelle des plus développés. Cette dernière espèce doit certainement former le type d'un nouveau genre pour lequel je propose le nom de *Phylloclypeus,* pour rappeler ses larges phyllodes et le grand dédoublement de ses pores. Il reste à savoir si les autres espèces crétacées rapportées au genre *Conoclypeus,* que je ne connais pas en nature, pourront rentrer dans cette nouvelle coupe. Le *Conoclypeus Osiris* et le *Conoclypeus plagiosomus* doivent rentrer dans le genre *Echinolampas.* Dans ces deux dernières espèces, la forme du péristome, la petitesse, l'inégalité et la forme différente des bourrelets péristomaux, peuvent déjà indiquer qu'il s'agit d'un *Echinolampas* et non d'un *Conoclypeus*, lors même qu'on ne verrait pas les pores. Il suffit de comparer cette structure du péristome avec celui du *Conoclypeus conoideus*, ou du *Conocl. semi-globus* qui appartient bien au genre. Le *Conocl. Anachoreta* est encore un vrai *Cono-*

clypeus, et, probablement aussi le *Conocl. subcylindricus*. Quant aux autres espèces, les matériaux dont je dispose ne sont pas suffisants pour me permettre une appréciation. Une fois l'attention éveillée sur ce point, les auteurs qui auront à s'en occuper fixeront peu à peu leur position générique. Une magnifique espèce, découverte par M. Al. Agassiz, qui vit actuellement dans le golfe du Mexique, avait été classée dans le genre *Conoclypeus*, sous le nom de *Conoclypeus Sigsbei*, Al. Agassiz; elle devra en être retirée, car elle possède un phyllode très accusé et elle est dépourvue d'un appareil masticateur, suivant une communication que j'ai récemment reçue de M. Agassiz.

Conoclypeus conoideus (Leske), Agassiz.

Pl. II, fig. 16.

SYNONYMIE.

Clypeus conoideus,	Leske, 1778, in Klein, Disp. Echin., p. 159, pl. 43, fig. 2.
Clypeaster conoideus,	Goldfuss, 1826-33, Petref. Germ., I, p. 132, pl. 41, fig. 8.
Clypeaster Bouei,	Münster in Goldfuss, 1826-33, Petref. Germ., I, p. 131, pl. 41, fig. 7.
Echinolampas Agassizi,	Dubois de Montpéreux, 1831, Voyage au Caucase, série géolog., pl. 1, fig. 22-24.
Conoclypeus conoideus,	Agassiz, 1839, Échinides suisses, I, p. 64, pl. 10, fig. 14 à 16.
Conoclypus costellatus,	Agassiz et Desor, 1847, Catalogue raisonné, p. 110.
Conoclypus Leymerianus,	Cotteau, 1856, in Cotteau et Leymerie. Bull. Soc. géol. de France, 2me série, t. XIII, p. 667.
Conoclypus conoideus,	Quenstedt, 1874, Die Echiniden, p. 390 et 496, pl. 80, fig. 19-22, pl. 81, fig. 1-4.
Clypeaster conoideus,	Quenstedt, 1874, Die Echiniden, p. 390 et 496, pl. 80, fig. 19-22, pl. 81, fig. 1-4.
Conoclypeus conoideus,	P. de Loriol, 1875, Description des Échinides tertiaires de la Suisse, p. 81, pl. 13, fig. 2, 3. (Voir dans cet ouvrage la synonymie de l'espèce, à laquelle il faut ajouter :)
Id.	Dames, 1877, Die Echiniden der Vicent. Tertiär-Ablagerungen, p. 45.
Id.	Ch. Mayer, 1877, Paleont. der Pariser Stufe d. Einsiedlen Beitr. z. geol. Karte der Schweiz, 14te Liefg., p. 74.

DIMENSIONS.

Diamètre maximum	120 mm.
Hauteur	87

Je ne connais qu'un seul exemplaire provenant des couches nummulitiques de l'Égypte et appartenant à cette espèce bien connue. Un *Echinolampas* nouveau, décrit plus loin, lui a été souvent rapporté, mais il en diffère beaucoup, ainsi qu'il sera exposé. L'individu que j'ai sous les yeux est de grande taille. Il est un peu déformé, mais on voit très bien qu'il était à peu près circulaire. Il présente tous les caractères de l'espèce et se montre parfaitement identique à des individus du Vicentin, du Kressenberg etc., auxquels je l'ai comparé. On le reconnaît facilement à ses larges ambulacres, dans lesquels l'espace interporifère atteint environ trois fois la largeur de l'une de ses zones porifères, et à son périprocte ovale, acuminé en dedans, et fortement allongé dans le sens de l'axe antéro-postérieur de l'oursin. Les cloisons qui séparent les paires de pores dans les zones porifères sont peu élevées et couvertes de deux rangées un peu irrégulières de granules d'une grande finesse. Les petits tubercules qui couvrent la surface sont assez écartés et entourés de petits granules serrés et extrêmement ténus.

J'ai décrit plus haut l'appareil masticateur, observé sur un individu du Vicentin.

Rapports et différences. Je ne reviendrai pas ici sur ce que j'ai écrit ailleurs (Échinides de la Suisse, loc. cit.) sur les limites qui me paraissent devoir être assignées à cette espèce, sauf sur un point. L'exemplaire du *Conocl. Bouei* figuré par M. Quenstedt (Échinides, loc. cit.) a le périprocte transverse; le texte dit que, dans cet échantillon, le périprocte est rond. Cet exemplaire, qui est extrêmement déprimé, appartient probablement à une autre espèce. Goldfuss dit, dans son texte, que le *Clyp. Bouei* a le périprocte longitudinal, la figure qu'il donne le montre largement ovale. Il y aura lieu probablement d'examiner à nouveau la question de savoir si réellement le *Con. Bouei* et le *Con. conoïdeus* sont une seule et même espèce. Généralement le *Con. conoïdeus* est subcirculaire, il ne me semble pas cependant qu'il convienne d'en séparer le bel individu, figuré sous le nom de *Conoclypeus conoïdeus ellipsobasalis*, par M. Quenstedt (loc. cit.).

Localité. Nummulitique d'Égypte, rapporté par M. Lefèbvre, suivant l'étiquette.

Collection. Muséum de Paris, galeries zoologiques.

Explication des figures.

Pl. II. Fig. 16. . Fragment de la face inférieure d'un exemplaire du *Conoclypeus conoïdeus* de San-Giovani Ilarione (Vicentin), vu en dessous.

Fig. 16 a. Le même, vu sur sa face interne, montrant l'appareil masticateur; on distingue les bases des cinq paires d'appendices cylindriques. Des fragments des pyramides se voient tout auprès. Le bord supérieur de l'anneau est brisé.

Fig. 16 b. Le même, vu de côté. L'anneau commence au-dessus des plaques porifères.

Fig. 16 c. Moitié de l'une des pyramides vue sur la face interne.

Ces figures sont de grandeur naturelle.

Pl. II. Fig. 16 d. Extrémité de l'une des aires ambulacraires grossie. Les plaques sont devenues presque carrées, percées d'un seul pore, on en voit quelques-uns sur l'anneau, en dehors des plaques; le dessin indique, entre ces derniers pores, une ligne suturale longitudinale qui n'existe pas. Point de plaques supplémentaires intercalées.

Conoclypeus Delanouei, P. de Loriol, 1880.

Pl. II, fig. 17.

DIMENSIONS.

Longueur	91 à 130 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,82
Hauteur id. id.	0,60

Forme elliptique, allongée, très légèrement rostrée en arrière. Face supérieure élevée, conique. Face inférieure tout à fait plane. Pourtour non tranchant, arrondi, mais non renflé.

Sommet ambulacraire un peu excentrique en arrière.

Ambulacres pas très larges, relativement, égaux, atteignant le pourtour, sans tendance à se fermer. Zones porifères relativement larges, un peu déprimées ; leur largeur paraît très constante et varie seulement entre 3^{mm} et 3 $^1/_2{}^{mm}$, suivant la partie du test sur laquelle on la mesure, dans les deux exemplaires que j'ai sous les yeux. Zones interporifères relativement étroites ; leur largeur est égale à deux fois environ celle de l'une des zones porifères, et ne paraît pas varier ; elle est de 6^{mm} sur un exemplaire de 130^{mm} de longueur. Les pores des rangées internes sont tout à fait ronds ; ceux des rangées externes sont allongés en travers ; un sillon peu profond relie les deux pores de chaque paire ; une cloison mince et peu élevée sépare les paires, elle porte une seule série très régulière de granules d'une extrême finesse. A peu de distance du pourtour, les zones porifères se modifient subitement, les paires de pores disparaissent complètement et, à leur place, on ne voit plus qu'une série de pores excessivement petits, simples et directement superposés, presque invisibles parmi les granules, mais situés dans une très légère dépression du test. A la face inférieure ces dépressions s'accentuent très rapidement, prennent l'aspect de sillons très accusés qui s'enfoncent dans le péristome ; en même temps les pores ne sont plus directement superposés, ils forment une ligne irrégulière, se trouvant, tantôt vis-à-vis l'un de l'autre, tantôt isolés et alternes, cette irrégularité se continue jusque dans le péristome, près duquel ne s'opère aucun dédoublement.

Péristome à peu près central, petit, entouré de cinq bourrelets pointus, coniques, très accusés, à peu près égaux, séparés par des sillons ambulacraires très profonds.

Périprocte tout à fait marginal, ovale, allongé dans le sens de l'axe antéro-postérieur. Tubercules de la face supérieure relativement assez apparents et assez écartés; l'intervalle qui les sépare est occupé par une granulation microscopique extrêmement fine et très serrée. Dans les aires interporifères, chacune des plaques porte en général trois tubercules en série transverse, une, parfois, n'en a que deux, et il y en a quelques-unes qui n'en ont point. A la face inférieure les tubercules s'écartent très notablement aux abords du péristome.

Rapports et différences. L'espèce que je viens de décrire est voisine du *Conoclypeus conoïdeus*, et ressemble en particulier à la forme peu fréquente, à base elliptique, dont un exemplaire a été figuré par M. Quenstedt. Elle en diffère par ses ambulacres beaucoup plus étroits, dont la largeur totale, dans un individu de 130^{mm} de longueur, ne dépasse pas 0,10 de la longueur de l'oursin; les zones interporifères aussi sont notablement plus étroites relativement à la largeur des zones porifères, et portent moins de tubercules, ces derniers sont plus écartés autour du péristome, les cloisons qui séparent les paires de pores dans les zones porifères ne portent qu'une seule rangée de granules, très régulière, au lieu de deux que j'observe sur plusieurs individus du *Conocl. conoïdeus*, enfin, dans le *Con. Delanouei*, la forme elliptique de la base, au lieu d'être exceptionnelle, est au contraire très prononcée, plus accusée encore dans les grands individus, et le bord postérieur est légèrement rostré; dans un exemplaire de 130^{mm} de longueur, un peu déformé en partie, accidentellement, mais sur lequel on peut mesurer très approximativement la largeur, celle-ci ne dépasse pas 0,63 de la longueur. Le *Con. pyrenaicus* Cotteau est également voisin, mais sa face inférieure est moins plane, plus déprimée au milieu et plus convexe sur les bords, son pourtour est plus arrondi et plus renflé, ses tubercules sont plus serrés à la face inférieure, ses bourrelets péristomaux sont moins accusés et son périprocte plus arrondi. Les ambulacres du *Con. Delanouei* le rapprochent du *Conocl. campanæformis* Dames, mais ce dernier a une forme très particulière et son bord est tranchant.

Localités. Djebel Chevaoussa près Esneh. — Environs de Thèbes (recueilli par M. Delanoue).

Collection. Muséum de Paris (collection d'Orbigny).

Explication des figures.

Pl. II. Fig. 17, 17 a. Conoclypeus Delanouei. Individu de grandeur naturelle.

Fig. 17 b. . . Fragment de l'une des zones porifères grossi, pour montrer la série unique de granules qui se trouve sur les cloisons.

Amblypygus dilatatus, Agassiz.

Pl. III, fig. 2.

SYNONYMIE.

Amblypygus dilatatus, Agassiz, 1840, Catal. Ectyp. foss. mus. neoc., p. 5.
Id. Agassiz et Desor, 1847, Catal. raisonné des Échin., p. 109.
Id. P. de Loriol, 1875, Descr. des oursins tertiaires de la Suisse, p. 44, pl. 3, fig 8, pl. 4 et pl. 5, fig. 1 (Mém. Soc. paléont. suisse, vol. II).
(Voir dans cet ouvrage la synonymie de l'espèce à laquelle il faut ajouter :)
Echinolampas Studeri, Fraas, 1867, Geologisches aus dem Orient, I, Wurt. nat. Jahreshefte, 1867, p. 278.
Amblypygus dilatatus, Ch. Mayer, 1877, Paleont. der Pariser Stufe v. Einsiedeln, Beiträge zur geol. Karte der Schweiz, 14te Liefg., p. 72.
Id. Dames, 1877, Die Echiniden der Vicentin. Tertiär-Bildungen, p. 26.

DIMENSIONS.

Longueur	72 mm.
Largeur par rapport à la longueur	1,00
Hauteur id. id.	0,43

Forme circulaire, aussi large que longue. Face supérieure un peu renflée, uniformément convexe, mais légèrement conique au point culminant, qui est un peu excentrique en avant. Face inférieure pulvinée, très enfoncée autour du péristome. Pourtour arrondi et épais.

Sommet ambulacraire un peu excentrique en avant, correspondant au point culminant.

Ambulacres à fleur du test, larges et très longs, atteignant presque le bord, assez effacés par l'usure dans l'exemplaire décrit. Zones porifères relativement larges, atteignant à peu près la moitié de la largeur de l'espace interporifère. A la face inférieure les ambulacres se continuent par des pores extrêmement petits, qui suivent une légère dépression linéaire, rectiligne, jusqu'au péristome.

Péristome très enfoncé, oblique, assez grand, ayant la forme d'un pentagone irrégulier, à côtés très inégaux.

Le périprocte n'est pas visible.

Tubercules visibles seulement à la face inférieure, où ils sont fort petits, écartés, séparés par de nombreux petits granules.

Rapports et différences. L'exemplaire décrit, recueilli par M. Fraas qui l'avait d'abord rapporté à l'*Echinolampas Studeri*, est tout à fait identique aux individus du

Vicentin avec lesquels je l'ai comparé. Son péristome, en particulier, présente exactement la même forme et les mêmes dimensions. Ses proportions sont seulement un peu différentes, ce qui n'a pas de valeur comme caractère, car l'espèce varie assez sous ce rapport. J'ai sous les yeux un exemplaire du Vicentin dont la face supérieure est presque aussi élevée que celle de l'individu d'Égypte, et, de même, légèrement conique, un autre exemplaire d'Yberg, par contre, est beaucoup plus plat. Un autre échantillon, recueilli par M. Édouard Naville aux environs de Thèbes, est aussi singulièrement plat, et sa face inférieure, que je n'ai pu dégager qu'en partie, paraît bien moins enfoncée. Je crois devoir le rapporter également à l' *Ambl. dilatatus* dont il présente les caractères généraux, car il me paraît avoir subi une compression qui a aplati les deux faces; toutefois il me reste encore, relativement à cet individu, quelques doutes qui ne pourront être dissipés que par la découverte d'autres échantillons bien intacts Je ne répète pas ici ce que j'ai dit ailleurs sur l'histoire de l'*Ambl. dilatatus* (Ech. tertiaires de la Suisse, loc. cit.), dont j'ai fait figurer le type provenant de la Crimée. Je ne suis pas plus avancé qu'alors relativement à l'*Ambl. apheles ;* je ne puis pas bien comprendre l'échantillon figuré sous ce dernier nom par Sismonda (Mém. Soc. géol. de France, 2me série, t. IV, p. 266, pl. 21, fig. 7), il a un péristome extrêmement petit, qui serait, d'après le texte, « pentagone, entouré de bourrelets, » le périprocte est très rapproché du péristome, et la face inférieure paraît déprimée tout entière. L'*Ambl. Arnoldi*, Desor, a la face supérieure élevée, mais son bord est plus épais, et sa face inférieure beaucoup moins pulvinée que dans l'*Ambl. dilatatus*, le péristome est aussi plus petit.

Localité. Mokattan (recueilli par M. Fraas). Thèbes (recueilli par M. Édouard Naville).

Collections. Musée de Stuttgart. P. de Loriol.

Explication des figures.

Pl. III. Fig. 2 a, b, c. Amblypygus dilatatus, échantillon usé sur la face supérieure, recueilli par M. Fraas. Grandeur naturelle.

Rhynchopygus Navillei, P. de Loriol, 1880.

Pl. IV, fig. 2.

DIMENSIONS.

Longueur	27 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,77
Hauteur id. id.	0,48

Forme allongée, ovale, arrondie en avant, rétrécie en arrière, tronquée carrément au bord postérieur, qui se trouve fort étroit et limité par deux angles bien marqués. Face supérieure élevée, régulièrement et uniformément convexe; le point culminant est à peu près central, un peu en arrière du sommet ambulacraire; la convexité de l'aire interambulacraire impaire est interrompue par l'excavation du périprocte. Face inférieure presque plane, sans dépression marquée. Pourtour arrondi.

Sommet ambulacraire excentrique en avant.

Ambulacres étroits, plans, effilés, relativement courts, inégaux; leurs zones porifères sont étroites et composées de pores ovales, allongés, les internes plus courts; un sillon réunit les pores de chaque paire; l'étroite cloison qui sépare les paires est couverte de très fins granules; les zones interporifères sont à peu près larges comme deux fois l'une des zones porifères. L'ambulacre antérieur impair est un peu plus long que les ambulacres antérieurs pairs, ces derniers sont notablement plus courts que les postérieurs.

Péristome excentrique en avant, petit, pentagone, entouré d'un floscelle très accusé.

Périprocte ovale transverse, très surbaissé, s'ouvrant un peu en retrait sur un plan perpendiculaire à la base, à une assez faible distance de la troncature du bord postérieur. Il n'y a point d'area; d'en haut on ne voit qu'un replat très court, parallèle à la base, un léger renflement de l'aire interambulacraire impaire aboutit au milieu de la convexité du périprocte.

Tubercules de la face supérieure très petits, écartés, uniformes, égaux, noyés dans une abondante granulation fine et uniforme; les uns et les autres sont presque invisibles à l'œil nu. A la face inférieure les tubercules sont plus apparents et plus largement scrobiculés. On ne distingue pas bien la bande lisse du plastron, à cause d'une certaine usure, mais on reconnaît sa présence à l'absence de gros tubercules dans cette partie. Cette bande lisse était dans tous les cas fort étroite, à peu près comme on la voit dans les exemplaires bien conservés du *Rhynchopygus Marmini*.

Rapports et différences. Cette espèce intéressante, à cause de son périprocte transverse, sans area anale, mais s'ouvrant sur un replat bien accusé, doit être évidemment rattachée au genre *Rhynchopygus;* d'un autre côté, sa forme générale, sa face inférieure, et le peu de saillie du prolongement de la saillie supraanale de l'aire interambulacraire impaire, la rapprochent du genre *Cassidulus;* elle est en quelque sorte intermédiaire entre les deux, et peut servir à appuyer l'opinion émise par M. Al. Agassiz que les *Rhynchopygus* sont une section des *Cassidulus*. Je ne connais aucune espèce avec laquelle celle-ci puisse être confondue.

Localité. Mokattan près du Caire (recueilli par M. Aloïs Naville).
Collection. P. de Loriol.

Explication des figures.

Pl. IV. Fig. 2, 2 a, 2 b, 2 c. Rhynchopygus Navillei, de grandeur naturelle, vu de divers côtés.

Rhynchopygus thebensis, P. de Loriol, 1880.

Pl. IV, fig. 3 et 4.

DIMENSIONS.

Longueur	27 à 32 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,72 à 0,74
Hauteur id. id.	0,44

Forme ovale, allongée, arrondie en avant, un peu dilatée et échancrée au milieu en arrière. Face supérieure un peu en forme de toit, assez relevée sur une ligne de faîte qui est faiblement déclive en arrière, un peu plus fortement en avant ; les côtés sont convexes, mais tombent assez rapidement. Face inférieure largement et très sensiblement déprimée dans le sens de sa longueur, un peu pulvinée. Pourtour arrondi.

Sommet ambulacraire très excentrique en avant, aux $^{40}/_{100}$ de la longueur.

Ambulacres courts, relativement peu effilés, inégaux. Zones porifères relativement larges, composées de pores internes arrondis, de pores externes allongés, unis dans chaque paire par un profond sillon ; les zones interporifères n'ont pas le double de la largeur des zones porifères. L'ambulacre impair est à peu près de la même longueur que les ambulacres antérieurs pairs ; les postérieurs sont un peu plus longs.

Péristome excentrique en avant, pentagone, à côtés presque égaux. Floscelle très accusé. Les cinq bourrelets sont égaux, arrondis et renflés ; les phyllodes sont larges, bien marqués, composés de pores bien dédoublés. Périprocte transverse, ouvert à quelque hauteur du bord postérieur, formant une forte entaille dans la convexité de la courbure postérieure de la face supérieure, sans qu'il soit proprement recouvert par un prolongement du test. Au-dessous du périprocte, un sillon large et peu profond entame sensiblement le bord postérieur.

Tubercules très petits, serrés et homogènes à la face supérieure, un peu plus gros à la face inférieure, où un sillon étroit, lisse, marque le milieu du plastron.

Rapports et différences. Cette espèce se distingue aisément du *Rhynch. Navillei* par son bord postérieur dilaté et échancré, au lieu d'être rétréci, anguleux, rostré et nullement évidé au milieu, par sa face supérieure en forme de toit et non uniformé-

ment bombée, par sa face inférieure très déprimée dans sa longueur, son ensemble plus élargi et ses zones porifères plus larges. Ainsi que cette espèce, elle est un peu intermédiaire entre les *Rhynchopygus* typiques et les *Cassidulus*. Le *Cassidulus Benedicti*, Cotteau, qui pourrait bien être un *Rhynchopygus*, a la face inférieure beaucoup plus déprimée et la bande lisse du plastron est beaucoup plus large, sa face supérieure n'est pas connue.

Localité. Environs de Thèbes (recueilli par M. Delanoue).

Collection. Muséum de Paris. Collection d'Orbigny.

Explication des figures.

Pl. IV. Fig. 3, 3 a, 3 b, 3 c. Rhynchopygus thebensis, de grandeur naturelle, vu de divers côtés.
Fig. 4. . . . . . Autre exemplaire de grandeur naturelle, vu sur la face inférieure.

Genre ECHINOLAMPAS

Comme partout, dans les couches nummulitiques, les Echinolampas sont abondants en Égypte à cet horizon, j'en décris plus loin sept espèces. Parmi celles-ci se trouvent, en première ligne, de grandes espèces, qui ont souvent été prises pour des *Conoclypeus*, mais dont elles se distinguent de suite par leur péristome et leur floscelle. Elles viennent se placer à côté de l'*Echinol. semiorbis*, Guppy, de l'*Ech. Hoffmanni*, Desm., de l'*Ech. hemisphæricus*, Ag., etc., etc. Ces grandes espèces, à longs et larges ambulacres très ouverts, forment, dans le genre, un groupe remarquable, mais, en les étudiant, il m'a été impossible de découvrir quelque caractère pouvant servir de caractère générique, et obligeant à les séparer des *Echinolampas*. M. J. Bell vient tout récemment d'essayer cette séparation, en établissant le nouveau genre *Paleolampas*, pour un échantillon qu'il croit appartenir à la faune des mers actuelles [1]. Cet individu qui, paraît-il, a l'apparence d'un fossile, et dont on ignore la provenance, ressemble de la manière la plus frappante à l'*Echinol. Hoffmanni*, Desm.

[1] On *Paleolampas*, a new genus of the Echinoidea, by F. Jeffrey Bell. Proceed. of the Zool. Society of London for the year 1880, part. I. Juin 1880, p. 43.

des couches tertiaires supérieures de Sicile; j'en ai des exemplaires sous les yeux qui sont entièrement vides à l'intérieur et qui ont tout à fait l'apparence d'un oursin des mers actuelles fortement blanchi sur la plage. L'individu figuré par M. Bell est de grande taille, il a le sommet un peu aplati et enfoncé, ce qui peut n'être qu'une modification accidentelle, et ses ambulacres antérieurs pairs (ainsi que le texte l'indique) ont, dans leurs zones porifères postérieures, 3 ou 4 paires de pores de plus que dans les zones antérieures, or j'en trouve 6 ou 7 dans les individus de l'*Ech. Hoffmanni*, plus petits (90^{mm} de longueur), que je puis comparer. A part cela, il m'est impossible de voir aucune différence. Quoi qu'il en soit, les deux espèces sont excessivement voisines, et M. Bell aurait dû comparer son espèce nouvelle avec celle que je viens de nommer, et avec d'autres espèces fossiles qui rentreraient nécessairement dans son genre *Paleolampas*, s'il pouvait être admis. Or, je le répète, je ne vois aucun caractère quelconque qui puisse motiver la séparation de ce groupe du genre Echinolampas. M. Bell dit simplement que les *Echinolampas* diffèrent des *Paleolampas* par l'inégalité des zones porifères dans chaque ambulacre, mais son type même a les zones inégales dans les ambulacres antérieurs pairs, et il n'est pas difficile de trouver de nombreux passages qui relient, par des espèces fossiles, l'*Echinol. Rangii*, Desm. du Sénégal, qui a des ambulacres larges et des zones porifères presque égales (2 paires de pores de différence) à l'*Ech. Alexandri*, à ambulacres étroits, à zones porifères très inégales, que j'ai décrit de l'île Maurice. M. Bell paraît avoir oublié cet *Echinolampas Rangii* lorsqu'il donne comme caractéristique des *Echinolampas* d'avoir des zones porifères inégales. Pour les raisons que je viens de dire, je ne puis admettre le genre *Paleolampas*; je laisse les espèces dont il serait formé dans le genre *Echinolampas*, dont elles présentent tous les caractères, et qui ne sauraient être séparées génériquement, même du petit *Echinol. Crameri*, décrit plus loin, qui, au premier abord, paraît si différent.

Echinolampas africanus, P. de Loriol, 1880.

Pl. III, fig. 1. Pl. IV, fig. 5 et 6.

DIMENSIONS.

Longueur	75 à 100 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,85 à 0,88
Hauteur id. id.	0,48 à 0,62
Id. id. id.	moyenne 0,50

Forme largement ovale, régulièrement arrondie en avant et en arrière. Face supérieure relativement déprimée, assez uniformément convexe, mais souvent un peu conique au point culminant qui est excentrique en avant, en moyenne aux $^{43}/_{100}$ de la longueur de l'oursin. Face inférieure tout à fait plane, non pulvinée, ordinairement un peu déprimée seulement autour du péristome, souvent pas du tout. Pourtour arrondi, mais non renflé.

Sommet ambulacraire excentrique en avant, correspondant au point culminant de la face supérieure.

Appareil apical peu étendu ; la plaque madréporiforme en occupe tout le centre, elle est comme lobée par les quatre pores génitaux qui l'entaillent et lui donnent un aspect stelliforme assez particulier. Pores ocellaires extrêmement petits, presque invisibles.

Ambulacres très larges, fort longs, atteignant presque le bord, très ouverts à leur extrémité, mais ayant cependant une tendance à se rétrécir et à s'arrondir. Zones porifères très larges, déprimées ; dans les ambulacres antérieurs pairs, la zone postérieure est un peu plus longue que l'antérieure. Pores internes très petits, pores externes, au contraire, très allongés, un sillon relie les deux pores de chaque paire, et une cloison mince sépare les sillons. L'espace interporifère est tout à fait plan, nullement renflé, sa largeur égale en moyenne deux fois celle de l'une des zones porifères, mais elle est parfois supérieure. Ambulacres postérieurs un peu plus longs que les trois antérieurs, lesquels sont sensiblement égaux entre eux. Au pourtour, et à la face inférieure, les ambulacres se continuent par des pores très petits, en série simple, qui suivent des dépressions très peu accusées, mais cependant distinctes.

Péristome presque central, relativement petit, pentagone ; ses parois sont couvertes de petits tubercules saillants, très serrés, homogènes, entourés de scrobicules peu profonds. Floscelle bien accusé, bourrelets renflés, mais relativement peu saillants ; les deux

postérieurs pairs le sont bien moins que les antérieurs. Phyllodes bien définis ; leurs pores sont gros, évasés, très dédoublés, sur six rangées, ils se terminent par une simple paire sur le bord du péristome et ne pénètrent pas dans l'intérieur.

Périprocte ovale-transverse, tout à fait marginal.

Tubercules très petits, très serrés et homogènes à la face supérieure, très serrés au pourtour à la face inférieure, mais un peu plus gros et plus espacés aux abords du péristome.

Les quelques individus que j'ai sous les yeux, identiques par leurs caractères généraux, varient un peu dans leur hauteur proportionnelle, dans la largeur relative de leurs zones interporifères, et, comme il a été dit, la face inférieure, toujours plane, l'est moins régulièrement dans certains individus que dans d'autres.

Rapports et différences. Cette espèce intéressante se rapproche des *Conoclypeus* par ses ambulacres très larges et très longs, mais elle s'en distingue bien facilement par la forme de son péristome, ses phyllodes bien développés, ses bourrelets renflés, mais nullement rétrécis ni projetés en dedans comme ceux des *Conoclypeus*, ce péristome est absolument identique à celui des *Echinolampas* les plus typiques, et tous les autres caractères sont parfaitement ceux des espèces de ce genre ; on peut dire seulement que les zones porifères sont plus larges qu'elles ne le sont généralement dans ces dernières. L'*Ech. africanus* appartiendrait au genre *Paleolampas*, Bell, dont il a été question plus haut ; il se distingue au premier abord de l'*Ech. Osiris* par sa face plane et son pourtour non renflé. Il ressemble un peu, par ses longs ambulacres, à l'*Echin. giganteus*, Pavay, mais il en diffère par ses zones porifères plus larges, plus droites et sa face plane. L'*Echin. Orbignyi*, Cotteau, est plus circulaire, sa face inférieure est déprimée au milieu, ses zones porifères sont étroites. L'*Ech. Hoffmanni*, l'*Ech. hemisphericus* ne sauraient être confondus.

Localités. Ouadi-Hof près Hélouan (recueilli par M. Cramer). Mokattan (recueilli par M. le prof. Fraas, par M. Delanoue, par M. Édouard Naville, par M. Husson de Nancy). Gizeh (recueilli par M. Fraas). Égypte (rapporté par M. Lefèbvre en 1837). Mokattan (M. Cotteau).

Collections. Musée de Stuttgart. Musée de Paris. Cotteau. P. de Loriol.

Explication des figures.

Pl. III. Fig. 1, 1 a, 1 b. Echinolampas africanus, de grandeur naturelle. C'est l'individu, parmi ceux que j'ai examinés, dont la face inférieure est la moins plate. Le péristome, par suite d'une altération du bourrelet postérieur, paraît plus grand qu'en réalité, sa hauteur véritable est de 5 mm. Mokattan (M. Delanoue).

Pl. IV. Fig. 5, 5 a, 5 b. Autre exemplaire de la même espèce, type de la plupart des échantillons. Grandeur naturelle. Ouadi-Hof (M. Cramer). *Fig. 5 c.* Phyllode du même, grossi.

Fig. 6 . . . . . Autre exemplaire de la même espèce, le plus élevé proportionnellement et le plus conique de ceux que j'ai vus. Mokattan (M. Fraas).

Echinolampas Fraasi, P. de Loriol, 1880.

Pl. V, fig. 1.

DIMENSIONS.

Longueur	92 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,84
Hauteur id. id.	0,67

Forme ovale et allongée, très légèrement rétrécie en arrière. Face supérieure élevée, épaisse, renflée, tantôt un peu conique, tantôt uniformément bombée. Face inférieure déprimée au milieu et assez convexe vers le bord. Pourtour arrondi, non renflé. Sommet ambulacraire à peu près central. Appareil apical fort petit, la plaque madréporiforme en occupe tout le centre; les quatre pores génitaux sont petits et fort rapprochés.

Ambulacres très longs, larges, peu inégaux, les postérieurs un peu plus longs cependant que les trois antérieurs, qui sont sensiblement égaux. Leur extrémité est très ouverte, mais avec une tendance à s'arrondir. Zones porifères pas très larges relativement à celles de l'*Ech. africanus*, déprimées, très peu arquées. Dans les ambulacres antérieurs pairs les zones porifères postérieures sont un peu plus longues que les antérieures de 2 ou 3 paires de pores. La structure des zones porifères est identique à celle des espèces voisines, mais les cloisons qui séparent les paires de pores sont relativement épaisses. Les ambulacres se continuent par une série simple de pores extrêmement petits, au pourtour et à la face inférieure, mais les dépressions qu'ils suivent sont à peine sensibles. Zones interporifères planes, non renflées; leur largeur, assez variable, égale 2 à 3 fois celle de l'une des zones porifères.

Péristome pentagonal, relativement grand, à peu près central. Floscelle assez accusé. Bourrelets inégaux, les deux antérieurs et le postérieur impair sont assez renflés, mais relativement peu saillants, tandis que les deux postérieurs pairs sont à peine distincts; cette disposition, à peu près générale dans les *Echinolampas*, est bien différente dans les *Conoclypeus*, où les cinq bourrelets sont égaux et également très saillants. Phyllodes bien accusés, se terminant au bord du péristome par une paire de pores unique. Les parois internes du péristome sont couvertes de petits tubercules un peu écartés.

Périprocte tout à fait marginal, largement ovale, transverse.

Tubercules petits, serrés et uniformes à la face supérieure, un peu plus serrés encore au pourtour et un peu plus écartés à la face inférieure aux abords du péristome.

Je connais quelques exemplaires appartenant à cette espèce, et présentant le même ensemble de caractères, seulement on remarque quelques différences légères dans la largeur relative des zones interporifères.

Rapports et différences. L'*Echinolampas Fraasi* a été souvent rapporté au *Conocl. conoideus*, et entre autres par M. Fraas (aus dem Orient, p. 277) qui avait bien reconnu, cependant, des différences entre ses individus et le *Conoclypeus conoideus* typique. On peut les distinguer sans peine, au premier abord, en constatant que, dans l'*Echinolampas*, le périprocte est transverse et non longitudinal, et que les bourrelets péristomaux sont très peu saillants et inégaux, sans parler de la présence de phyllodes bien accusés. L'*Echin. africanus* est notablement plus déprimé, moins bombé, ses ambulacres et surtout ses zones porifères sont bien plus larges, son sommet est plus excentrique, sa face inférieure tout à fait plane, son péristome relativement plus petit.

Je ne vois pas avec quelle espèce d'*Echinolampas* pourrait être confondue celle que je viens de décrire, qui constitue un type remarquable.

Localité. Mokattan près du Caire.

Collections. Deux exemplaires recueillis par M. Fraas (musée de Stuttgart); un exemplaire rapporté par M. Cramer; un exemplaire de la collection Cotteau; un autre rapporté par M. Lefèbvre (Muséum de Paris, galeries zoologiques).

Explication des figures.

Pl. V. Fig. 1. Echinolampas Fraasi, de grandeur naturelle. Collection Cotteau.

Echinolampas osiris (Desor), P. de Loriol.

Pl. VI, fig. 1.

SYNONYMIE.

Conoclypeus Osiris, Desor, 1847, in Agassiz et Desor, Catalogue raisonné des Échinides, p. 109.
Id. Desor, 1857, Synopsis des Échinides, p. 321.

DIMENSIONS.

Longueur	98 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,82
Hauteur id. id.	0,55

Forme ovale, allongée, arrondie en avant, et légèrement acuminée en arrière. Face supérieure élevée, uniformément convexe, mais un peu conique au point culminant

qui est excentrique en avant. Face inférieure un peu déprimée au milieu, mais du reste convexe. Pourtour renflé et très arrondi.

Sommet ambulacraire excentrique en avant, coïncidant avec le point culminant de la face supérieure.

Appareil apical relativement petit, compacte, enfoncé et non saillant; la plaque madréporiforme en occupe tout le centre. Les pores ocellaires sont presque microscopiques, les pores génitaux également fort petits.

Ambulacres inégaux, fort larges, très longs, atteignant le pourtour, très ouverts à leur extrémité, vers laquelle, cependant, les zones porifères tendent à se rapprocher l'une de l'autre. Zones porifères très larges, presqu'à fleur du test. Pores internes petits et ronds; pores externes longs et virguliformes; une mince cloison, assez élevée, couverte de petits granules très fins, sépare chaque paire de pores; çà et là une de ces cloisons porte un tubercule. Aires interporifères nullement renflées; leur largeur, vers l'extrémité, est de deux à trois fois celle de l'une des zones porifères. Ambulacre impair un peu plus long que les ambulacres antérieurs pairs. Ces derniers ont des zones porifères inégales, les postérieures sont plus longues, plus arquées, et tendent à se resserrer à l'extrémité. Ambulacres postérieurs pairs plus longs que les antérieurs, leurs zones porifères sont à peu près égales.

Péristome un peu excentrique en arrière, pentagonal, relativement petit, bien plus large que haut. Bourrelets très peu saillants; les phyllodes sont peu accusés, mais le dédoublement des pores est très distinct.

Périprocte marginal, relativement assez petit, ovale-transverse.

Tubercules petits, serrés, très uniformément répandus sur toute la surface du test, ni plus gros ni plus écartés à la face inférieure. Les intervalles sont couverts d'une granulation d'une grande finesse, mais ils sont en général fort étroits.

Rapports et différences. Je ne connais que deux exemplaires de cette espèce remarquable; celui que j'ai décrit est le type même de M. Desor qui a été moulé en plâtre (T. 10). L'ensemble de ses caractères la rapproche tout à fait des *Echinolampas*, tandis que sa forme et son bord singulièrement arrondi et renflé l'éloignent des *Conoclypeus*, dont la séparent du reste entièrement la présence de phyllodes et la structure de son péristome. Je ne connais pas d'espèce avec laquelle elle puisse être confondue. Ses ambulacres moins larges, son bord très arrondi, sa face inférieure convexe la distinguent dès l'abord de l'*Echinolampas africanus* qui a été quelquefois pris pour elle.

Localité. Montradan (Égypte) d'après M. Desor. Calcaire à nummulites d'Égypte, d'après les étiquettes.

Collections. Muséum de Paris (Galeries zoologiques), le type rapporté par M. Lefèbvre. École des Mines de Paris, un exemplaire de la collection Michelin, étiqueté par M. Desor.

Explication des figures.

Pl. VI. Fig. 1, 1 a, 1 b. Echinolampas Osiris, type de M. Desor (T. 10), de grandeur naturelle. Le bord, dans la figure *1 b*, devrait être encore plus arrondi. Muséum de Paris, galeries zoologiques.

Echinolampas Perrieri, P. de Loriol, 1880.

Pl. V, fig. 2.

DIMENSIONS.

Longueur	65 à 75 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,82 à 0,83
Hauteur id. id.	0,40 à 0,43

Forme régulièrement ovale, déprimée, très arrondie au pourtour. Face supérieure uniformément convexe, à peine légèrement relevée au point culminant qui se trouve au sommet ambulacraire. Face inférieure à peu près plane, légèrement déprimée autour du péristome, un peu pulvinée et très arrondie sur les bords.

Sommet ambulacraire excentrique en avant, situé aux 45/100 de la longueur.

Ambulacres relativement larges, longs, assez costulés, inégaux. L'antérieur impair est un peu plus court que les antérieurs pairs. Ces derniers sont resserrés à leur extrémité, bien qu'encore largement ouverts; leurs zones porifères antérieures sont notablement plus longues que les postérieures et plus arquées à leur extrémité; l'espace interporifère est renflé et au moins quatre fois plus large que l'une des zones porifères. Ambulacres postérieurs bien plus longs que les antérieurs, du reste, de structure identique, les zones porifères postérieures sont, de même, plus longues que les antérieures et très arquées en dedans à leur extrémité.

Péristome relativement petit, excentrique en avant, pentagone, très peu enfoncé, entouré d'un floscelle apparent.

Le périprocte, tout à fait inframarginal, n'est pas conservé dans nos exemplaires.

Tubercules très petits, très nombreux, très serrés.

Rapports et différences. L'espèce que je viens de décrire, dont je connais trois exemplaires, est facilement reconnaissable à sa forme très régulièrement ovalaire, à sa face supérieure très déprimée et tout à fait uniformément convexe, à ses ambulacres costulés. Elle ne saurait être rapportée rigoureusement à aucune des espèces décrites.

Celle qui en est la plus voisine serait l'*Ech. ovalis*, si l'on prend pour type de cette espèce, mal connue et mal définie, les fig. 13 et 14 de la pl. 143 de l'Encyclopédie méthodique, mais elle différerait de l'*Ech. Perrieri* par sa forme plus étroite, ses ambulacres pairs plus longs, dans lesquels les zones porifères ne semblent pas avoir été inégales, sa face inférieure plus déprimée, enfin sa taille plus faible; on ne voit pas, dans cette figure, si les ambulacres sont costulés, M. Desor l'affirme, dans le Synopsis, mais comme il cite la figure de Grateloup (Oursins de Dax) pour son *Ech. ovalis*, tandis qu'elle appartient à une autre espèce, il est permis de se demander si le véritable *Ech. ovalis* avait bien des zones interporifères renflées. En attendant que cet *Ech. ovalis* soit mieux connu, et mieux précisé, il vaut mieux donner un nom nouveau à l'espèce d'Égypte qui me paraît, dans tous les cas, différente. L'*Ech. Sindensis*, d'Archiac, a une forme assez analogue, mais sa face supérieure est un peu conique au sommet ambulacraire qui est plus excentrique en avant, ses ambulacres sont plus larges, non costulés, plus ouverts à l'extrémité, à zones porifères presque égales. L'*Ech. Vicaryi*, d'Archiac, est plus large, ses ambulacres sont moins inégaux, son péristome relativement plus grand. L'*Ech. Suessi*, Laube, enfin, est plus large, ses ambulacres sont relativement plus longs, moins inégaux, moins resserrés à leur extrémité. Plusieurs de ces espèces sont encore assez imparfaitement connues, et auraient grand besoin d'être revisées en comparant des séries de bons exemplaires entièrement conservés.

Localité. Mokattan (M. Aloys Naville). Environs de Thèbes (M. Husson). Ouadi-Hoh près Messouan (M. Cramer).

Collection. P. de Loriol.

Explication des figures.

Pl. V. Fig. 2, 2 a, 2 b. Echinolampas Perrieri, de grandeur naturelle. Environs de Thèbes (rapporté par M. Husson).

Echinolampas amygdala, Desor.

Pl. VI, fig. 2 et 3.

SYNONYMIE.

Echinolampas amygdala, Desor, 1847, in Agassiz et Desor, Catalogue raisonné, p. 106.
? Echinolampas amygdala, E. Sismonda, 1851, in Bellardi, Foss. numm. de Nice, Mém. Soc. géol. de France, 2me série, t. IV, p. 266, pl. 21, fig. 5.
Id. Desor, 1857, Synopsis des Échinides, p. 304.
(Cette espèce ayant été souvent mal interprétée, je ne donne pas d'autres citations.)

DIMENSIONS.

Longueur	30 à 38 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,74
Hauteur id. id.	0,50

Forme régulièrement ovale, très légèrement rostrée au bord postérieur. Face supérieure déprimée, nullement renflée, très uniformément convexe partout. Face inférieure déprimée seulement autour du péristome. La face supérieure est presque parallèle à la face inférieure, et le bord est partout perpendiculaire. Pourtour très uniformément convexe et arrondi partout.

Sommet ambulacraire très excentrique en avant.

Appareil apical peu étendu; les quatre pores génitaux sont fort rapprochés, les postérieurs un peu plus écartés.

Ambulacres tout à fait superficiels, étroits, très inégaux, les deux postérieurs étant notablement plus longs que les autres, et l'antérieur impair plus court que les antérieurs pairs. Zones porifères étroites; pores serrés, reliés dans chaque paire par un sillon; dans les ambulacres antérieurs pairs les zones porifères postérieures sont notablement plus longues et plus arquées que les antérieures, tandis que, dans les ambulacres postérieurs, ce sont les zones porifères antérieures qui sont un peu plus longues que les postérieures.

Péristome excentrique en avant, vaguement pentagone, entouré d'un floscelle distinct, mais peu accusé.

Le périprocte, qui n'est pas conservé tout entier, se montre tout à fait inframarginal et se trouve même en partie sur la convexité du bord postérieur.

Tubercules petits, pas très serrés, uniformément répandus sur toute la surface; les intervalles sont couverts d'une granulation d'une grande finesse.

Rapports et différences. L'exemplaire que je viens de décrire est le type même nommé et moulé par Agassiz (T. 17). Sa surface est assez usée, j'ai complété la description, pour ce qui concerne les zones porifères et les tubercules, en me servant d'un second individu, de plus petite taille, mais absolument identique, recueilli par M. Aloys Naville. Ces deux exemplaires sont les seuls qui soient parvenus à ma connaissance. Il me paraît très probable que c'est bien un individu de cette espèce qui a été figuré et décrit par Sismonda (loc. cit.); cependant, comme il est très imparfait, il peut rester quelque doute. L'*Echin. amygdala* se distingue facilement par l'ovale parfait de sa forme, sa face supérieure presque parallèle à l'inférieure et la rondeur uniforme de son pourtour.

Localité. Terr. nummulitique d'Égypte (rapp. par M. Lefebvre en 1837), le type. Mokattan près du Caire (recueilli par M. Aloys Naville).

Collections. Muséum de Paris (Galeries zoologiques). P. de Loriol.

Explication des figures.

Pl. VI. Fig. 2, 2 a, 2 b. Echinolampas amygdala. Type de l'espèce (T. 17), de grandeur naturelle. Muséum de Paris.

Fig. 3, 3 a . . . Autre individu de grandeur naturelle, Mokattan (M. Aloys Naville). *Fig. 3 b.* Sommet des ambulacres grossis.

Echinolampas globulus, Laube

Pl. VII, fig. 1-5.

SYNONYMIE.

Echinolampas Escheri, Fraas, 1867, Geologisches aus dem Orient, t. I, p. 278.

Echinolampas globulus, Laube, 1867, Beitrag zur Kenntniss der Echinodermen des vicentinischen Tertiär-Gebietes, Sitzungs-Berichte der Wiener Academie, vol. LVI, 1re partie, p. 239.

Echinolampas inflatus, Laube, 1867, id. id. p. 245.

Echinolampas globulus, Laube, 1868, Beitrag sur Kenntniss der Echin. des vicent. Tertiär-Gebietes, p. 24, pl. 4, fig. 5. Denkschriften der Wiener Academie, Math. nat. Classe, vol. XXIX.

Echinolampas inflatus, Laube, 1868, id. id. p. 26, pl. 4, fig. 4.

Id. Taramelli, 1874, Di alcuni Echinidi eocenici dell' Istria, Atti del Reale Istituto Veneto, t. III, série 4, disp. V, p. 965.

Echinolampas globulus, Dames, 1877, Die Echiniden der vicentinischen und veron. Tertiär-Ablag., p. 35 (Paleontographica, vol. XXV, 3te Folge, vol. I).

DIMENSIONS.

Longueur	25 à 60 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,74 à 0,79
Hauteur id. id.	0,54 à 0,62

Forme ovale, allongée, arrondie en avant, plus ou moins rostrée en arrière, parfois assez fortement. Face supérieure élevée, renflée, uniformément convexe, régulièrement déclive vers le bord postérieur, à partir du point culminant qui se trouve le plus souvent au sommet ambulacraire, plus rarement un peu en arrière; l'aire interambulacraire impaire est ordinairement un peu renflée. Face antérieure abrupte. Face inférieure à peu près plane, légèrement déprimée autour du péristome, et souvent, loin d'être pulvinée, plutôt déclive vers le bord. Pourtour arrondi.

Sommet ambulacraire très excentrique en avant.

Ambulacres relativement longs et assez larges, ordinairement légèrement costulés, inégaux, les postérieurs plus longs que les autres. L'antérieur impair est le plus court, ses deux zones porifères sont égales. Antérieurs pairs très pétaloïdes; leurs zones porifères postérieures sont notablement plus longues que les antérieures et très arquées à leur extrémité. Ambulacres postérieurs longs, atteignant presque le pourtour; leurs zones porifères sont inégales, mais moins que celles des antérieurs pairs, l'antérieure est plus longue et plus arquée à l'extrémité. Comme dans les autres espèces du genre, les pores, à partir du moment où les ambulacres cessent d'être pétaloïdes, se continuent sur deux séries simples, parallèles, presque invisibles, jusqu'au péristome.

Appareil apical peu étendu. Pores très rapprochés.

Péristome excentrique en avant, relativement petit, entouré d'un floscelle assez accusé.

Périprocte transverse, un peu trapézoïde, inframarginal, tout à fait rapproché du bord.

Tubercules très petits, très nombreux, très serrés. On voit encore quelques granules très fins entre leurs scrobicules.

Variations. Un assez grand nombre d'exemplaires appartenant à cette espèce ont été recueillis par M. Cramer. Leur forme générale est toujours sensiblement la même, mais ils présentent des variations assez marquées dans leurs dimensions proportionnelles. La face supérieure est toujours haute et renflée, mais moins dans certains exemplaires, principalement dans les grands individus, que dans d'autres. Le point culminant se trouve le plus souvent au sommet apical, tantôt plus en arrière dans l'aire interambulacraire impaire. Les petits individus sont relativement plus étroits que les grands. Le rostre postérieur, toujours fort sensible, est cependant plus accentué dans certains individus que dans d'autres. Les ambulacres ont leurs aires interporifères tantôt un peu costulées, tantôt à peu près planes. La taille enfin varie dans des proportions considérables, sans qu'il me soit possible de séparer, par aucun caractère, les plus petits individus des plus grands. Ces diverses modifications observées m'engagent à suivre l'exemple de M. Dames, et à réunir l'*Echin. inflatus* de M. Laube à son *Ech. globulus*.

Rapports et différences. Une comparaison immédiate des échantillons d'Égypte avec de très bons exemplaires provenant de San Giovanni Ilarione dans le Vicentin, m'a permis de m'assurer de leur parfaite identité spécifique. Ainsi que l'a fait observer M. Dames, c'est par une erreur de dessin que, dans la figure donnée par M. Laube (loc. cit.), les ambulacres sont presque égaux, ils sont en réalité très inégaux dans les individus du Vicentin comme dans ceux d'Égypte. L'*Ech. ellipsoidalis* d'Archiac est

assez voisin, mais ses ambulacres sont notablement plus étroits, le profil de sa face supérieure est plus horizontal et moins déclive, sa face inférieure est plus déprimée autour du péristome et renflée sur le plastron. L'*Ech. subcylindricus* est plus uniformément convexe en dessus, notablement moins élevé et moins rostré. L'individu de San Giovanni Ilarione, figuré par M. Quenstedt (Echiniden, pl. 79, fig. 36) sous le nom de *Ech, ellipticus*, et rapporté à l'*Ech. globulus* par M. Dames, paraît plus régulièrement elliptique, plus uniformément convexe, son péristome est plus central, enfin, si ses ambulacres sont bien dessinés, ils seraient notablement différents.

Localités. Montagne rouge dans le Mokattan près du Caire. Nummulitique. Rapporté par M. Cramer, paraît être abondant. Des individus de petite taille, mais qui n'offrent aucun caractère qui permette de les séparer, ont été recueillis à Thèbes par M. Delanoue et à Siut par M. Fraas.

Explication des figures.

Pl. VII. Fig. 1, 1 a, 1 b. Grand individu de l'*Echinolampas globulus*, très rostré et relativement peu renflé.
Fig. 2, 2 a. . . Autre individu moins rostré.
Fig. 3 . . . . . Autre échantillon vu sur la face inférieure.
Fig. 4, 4 a. . . Échantillon de petite taille et très renflé.
Fig. 5 . . . . . Autre exemplaire vu sur la face inférieure qui est, relativement, assez creusée.

Ces figures sont de grandeur naturelle; les originaux proviennent de la Montagne Rouge et m'ont été donnés par M. Cramer.

Echinolampas Crameri, P. de Loriol, 1880.

Pl. VI, fig. 4-10.

SYNONYMIE.

Echinolampas amygdala, Fraas, 1867, Geologisches aus dem Orient, Würtembergische naturw. Jahreshefte. Jahrg. 23, p. 278 (non Desor).

DIMENSIONS.

Longueur	17 à 30 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,87 à 0,98
Hauteur id. id.	0,56 à 0,78

Forme assez variable, tantôt subovale, le plus souvent un peu pentagonale, plus rarement suborbiculaire, arrondie en avant, élargie en arrière, plus ou moins rostrée au bord postérieur. Le point où se mesure la plus grande largeur, c'est-à-dire environ

au tiers postérieur, est marqué sur les bords par un angle, souvent assez sensible. Face supérieure élevée, plus ou moins fortement conique au point culminant qui se trouve au sommet ambulacraire; à partir de ce point les côtés latéraux s'abaissent, un peu en forme de toit, suivant une convexité régulière; au milieu de l'aire interambulacraire impaire on voit parfois un léger renflement cariniforme. Face inférieure largement déprimée au milieu, très pulvinée sur les bords. Le pourtour est très arrondi.

Sommet ambulacraire excentrique en avant. Les quatre pores génitaux sont relativement petits. La plaque madréporiforme occupe tout le centre de l'appareil.

Ambulacres larges, courts, inégaux, effilés, bien accusés, mais non costulés. L'antérieur impair est fort court, notablement plus court que les autres, ses zones porifères sont égales. Antérieurs pairs très pétaloïdes, tout en demeurant ouverts à leur extrémité; leurs zones porifères postérieures sont très arquées à leur extrémité et comptent sept ou huit paires de pores de plus que les zones porifères antérieures. Postérieurs un peu plus longs que les antérieurs, également très pétaloïdes, effilés à leur extrémité; leurs zones porifères postérieures ont trois ou quatre paires de pores de plus que leurs zones antérieures. Les aires interporifères sont larges, planes, effilées aux deux extrémités.

Péristome excentrique en avant, relativement grand, transverse, légèrement pentagonal, enfoncé, ses parois internes, relativement hautes, sont couvertes de petits granules. Le floscelle est à peine apparent; le dédoublement des pores dans les phyllodes est faible, mais toutefois parfaitement distinct.

Périprocte grand, ovale transverse, tout à fait marginal, tronquant même le rostre postérieur.

Tubercules de la face supérieure très petits, relativement peu nombreux, écartés, surtout dans l'aire interambulacraire impaire. Dans les exemplaires très frais, ils paraissent comme noyés dans une granulation très serrée, très dense, très fine, mais que ne dépassent pourtant pas les tubercules, il en est de même dans des espèces vivantes. A la face inférieure les tubercules sont plus apparents, serrés à l'ambitus, écartés aux abords du péristome, par contre la granulation est encore beaucoup plus fine. Sur le plastron, une bande étroite, allant du péristome au périprocte, ne porte aucun tubercule, mais seulement des granules extrêmement fins et écartés; cette bande ressemble à celle des *Pygorhynchus*; on en observe une semblable dans d'autres espèces d'Echinolampas (*Ech. stelliferus*, *Ech. Matheroni*, par exemple,) mais, dans ces espèces, elle est moins développée.

Les variations de forme que l'on peut reconnaître dans une série d'individus de

cette espèce sont assez nombreuses, les différences indiquées dans les dimensions données en font comprendre l'importance.

Rapports et différences. L'*Echinolampas Crameri*, par tous ses caractères, forme un type facilement reconnaissable, et je ne connais pas d'espèce avec laquelle il puisse être confondu.

Localité. Wadi el Tih, près du Caire. Recueilli par M. Fraas et par M. Cramer. M. Cramer l'a trouvé aussi à la montagne Rouge dans le Mokattan, mais il y est beaucoup plus rare. Trois exemplaires de la collection Delanoue, indiqués du Mokattan, paraissent provenir de la même couche.

Explication des figures.

Pl. VI. Fig. 4, 4 a . . . *Echinolampas Crameri*, exemplaire de grande taille.
Fig. 5, 5 a . . . Autre individu plus conique de la même espèce.
Fig. 6, 6 a, 6 b. Autre individu conique et anguleux sur le pourtour.
Fig. 7. . . . . . Autre échantillon vu en dessous.
Fig. 8. . . . . . Autre exemplaire de petite taille, renflé et conique, usé comme le sont la plupart des échantillons jusqu'à disparition des tubercules.
Ces figures sont de grandeur naturelle.
Fig. 9. . . . . . Région péristomale grossie d'un autre échantillon très frais. On distingue en arrière la bande médiane dépourvue de tubercules.
Fig. 10 . . . . . Périproctc d'un autre exemplaire, grossi, on voit au-dessus la bande lisse médiane.

Les originaux de ces figures font partie de ma collection, et m'ont été donnés par M. Cramer.

Hemiaster Pellati, Cotteau.

Pl. VII, fig. 6.

SYNONYMIE.

Hemiaster Pellati, Cotteau, 1863, Échinides fossiles des Pyrénées, p. 117, pl. 6, fig. 7 9.
Id. Cotteau, 1864, Bull. Soc. géol. de France, 2me série, t. XXI, p. 85.

DIMENSIONS.

Longueur approximative	24 mm.
Largeur	22
Hauteur	20

Forme renflée, globuleuse, large, rétrécie et tronquée en arrière. Face supérieure très élevée, mais presque uniformément convexe; la région antérieure est à peine déclive, la région postérieure est seulement un peu relevée dans l'aire interambulacraire impaire. Face inférieure à peu près uniformément convexe, un peu renflée sur

le plastron qui se termine par une petite protubérance. Face postérieure rétrécie, abruptement tronquée, presque un peu rentrante. Pourtour très arrondi. Je ne connais pas la région antérieure.

Sommet ambulacraire paraissant avoir été subcentral. L'appareil apical est un peu enfoncé entre les carènes des aires interambulacraires. Je ne distingue que deux pores génitaux.

Ambulacres très inégaux, larges, relativement peu enfoncés. L'impair, dont les pores sont fort petits, et disposés par paires écartées, est logé dans un sillon large et assez profond au sommet qui paraît s'être rapidement atténué. Ambulacres pairs assez longs, divergents, un peu flexueux, larges, arrondis à l'extrémité, leurs zones porifères sont fort larges, composées de 23 paires de pores (le dessin n'en indique pas autant, les petites du sommet sont omises), l'espace interporifère est aussi large que l'une des zones porifères. Ambulacres postérieurs larges, mais très courts, moins divergents et moins enfoncés que les antérieurs; leurs zones porifères n'ont que 12 paires de pores. Les aires interambulacraires antérieures sont assez relevées en carène à leur sommet; les postérieures paires sont très peu accentuées, l'impaire, par contre, est sensiblement relevée au delà de l'extrémité des ambulacres. Les plaques des ambulacres postérieurs se trouvent dans une légère dépression qui arrive au pourtour.

Péristome à lèvre saillante, paraissant avoir été assez rapproché du bord.

Périprocte ovale, longitudinal, acuminé au sommet, ouvert au sommet de la troncature postérieure.

Tubercules de la face supérieure très fins, serrés et assez saillants, surtout autour du sommet; à la face inférieure les tubercules sont un peu plus volumineux, surtout sur le plastron.

Je ne vois que des traces d'un fasciole péripétale.

Rapports et différences. Je n'ai malheureusement à ma disposition qu'un seul exemplaire, incomplet en avant, de cette espèce remarquable par sa forme globuleuse et sa face supérieure uniformément bombée. Il me paraît présenter très exactement les caractères de l'*Hemiaster Pellati*, quoique un peu plus élevé encore que l'exemplaire figuré par M. Cotteau. Le peu de déclivité en avant de la face supérieure le distingue sans peine du *Sch. verticalis* et du *Sch. Leymeriei* avec lesquels il a quelques rapports, indépendamment de l'absence du fasciole latéral constatée par M. Cotteau (l'état de l'exemplaire ne me permet pas d'affirmer également qu'il n'en existait point, mais le facies est tout à fait celui des *Hemiaster*).

Localité. Mokattan (recueilli par M. Delanoue).

COLLECTION. Muséum de Paris (Collection d'Orbigny).

Explication des figures.

Pl. VII. Fig. 6, 6 a, 6 b, 6 c. Hemiaster Pellati, de grandeur naturelle.

HEMIASTER ARCHIACI, P. de Loriol, 1880.

Pl. VII, fig. 7 et 8

SYNONYMIE.

Hemiaster Bowerbanki, Delanoue et d'Archiac, 1868, Note sur la constitution géologique des environs de Thèbes, Comptes rendus de l'Académie des Sciences, vol. LXVII, p. 706.

DIMENSIONS.

Longueur	12 à 17 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,91
Hauteur	0,90

Forme subglobuleuse, largement ovale, arrondie en avant et à peine tronquée en arrière. Face supérieure très renflée, déclive en avant et extrêmement relevée en arrière, où la hauteur, au point culminant, est presque égale à la largeur; elle est du reste à peu près uniformément convexe. Face inférieure convexe, légèrement déprimée autour du péristome, renflée sur le plastron. Pourtour très arrondi.

Sommet ambulacraire excentrique en arrière. Quatre pores génitaux bien ouverts.

Ambulacre antérieur impair assez long, logé dans un sillon peu profond, mais bien défini, qui s'arrête brusquement au fasciole et, par conséquent, n'échancre en aucune façon le bord antérieur; les zones porifères sont composées de pores très petits, formant dans chacune neuf paires écartées. Ambulacres antérieurs pairs très larges, relativement courts, peu divergents, mais rapprochés du sillon antérieur, très peu enfoncés, arrondis à leur extrémité; les zones porifères sont larges, composées d'une dixaine de paires de pores, l'espace interporifère est moins large que l'une des zones porifères. Ambulacres postérieurs très courts, presque aussi larges que longs, à peu près à fleur du test, il n'y a pas plus de six paires de pores dans leurs zones porifères. Les aires interambulacraires sont un peu renflées au sommet, les deux antérieures sont un peu plus étroites et plus relevées que les autres, le long du sillon; l'impaire est un peu renflée, mais nullement carénée.

Péristome bien ouvert, peu labié, relativement assez écarté du bord.

Périprocte ovale longitudinal, ouvert au tiers supérieur environ de la hauteur de la

face postérieure, au sommet d'une area étroite, mais assez creusée, comme un petit sillon. Cette area interrompt seule la convexité de la face postérieure.

Tubercules de la face supérieure petits et très écartés, mais développés d'une manière extraordinaire sur les deux aires interambulacraires antérieures, où ils sont distinctement mamelonnés, et scrobiculés, surtout celui qui se trouve à l'origine de chacune des deux aires. Sur le plastron, les tubercules sont assez gros et serrés.

Fasciole péripétale large, peu anguleux, joignant l'extrémité de tous les sillons ambulacraires, y compris l'impair.

A la face inférieure, et au pourtour, un certain nombre de radioles sont encore conservés, ce sont de petites soies grêles, très fines, assez longues et striées.

Rapports et différences. L'espèce la plus voisine, parmi les petites espèces d'*Hemiaster* tertiaires qui ont été décrites, est certainement l'*Hemiaster Bowerbanki*, Forbes, de l'argile de Londres. Cependant l'*H. Archiaci* en diffère certainement par sa forme plus globuleuse, plus relevée en arrière, plus arrondie en avant, et moins tronquée en arrière, par ses ambulacres pairs peu excavés (non « *in deep excavations* »), par ses ambulacres antérieurs plus rapprochés du sillon de l'impair, enfin par son péristome relativement plus éloigné du bord, et son périprocte moins élevé. L'*Hem. Covazii*, Taramelli, est notablement moins renflé, moins relevé en arrière, son sillon antérieur est plus prolongé et échancre le bord, ses ambulacres sont moins inégaux. L'*Hem. digonus*, d'Archiac, a un sillon antérieur beaucoup plus large et plus profond, échancrant le bord. L'*Hem. Conradi*, Bouvé, a une forme bien différente, étant moins déclive en avant, moins relevé en arrière, et fortement tronqué sur la face postérieure.

Localité. Environs de Thèbes (recueilli par M. Delanoue). Deux exemplaires ferrugineux.

Collection. Muséum de Paris (collection d'Orbigny).

Brissopsis angusta, Desor.

Pl. VII, fig. 9.

SYNONYMIE.

Brissopsis angusta, Desor, 1847, in Agassiz et Desor, Catalogue raisonné des Échinides, p. 121.
Id. Desor, 1857, Synopsis des Échinides fossiles, p. 379.
Id. L. Lartet, 1872, Géologie de la Palestine, Ann. des Sc. géol., t. III, p. 84.

DIMENSIONS.

Longueur	21 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,76
Hauteur maximum id.	0,57

Forme allongée, étroite, un peu échancrée et tronquée carrément en avant, rétrécie et obliquement tronquée en arrière. Face supérieure déclive et presque plane en avant, relevée dans l'aire interambulacraire impaire, vers l'extrémité de laquelle se trouve le point culminant. Face inférieure convexe, très relevée et renflée sur le plastron. Ces deux renflements de l'aire interambulacraire impaire et du plastron font paraître très relevée la région postérieure de l'oursin. Pourtour arrondi.

Sommet ambulacraire très excentrique en avant. Dans l'appareil apical trois pores génitaux seulement.

Ambulacre impair dans un sillon fort large, très peu profond au sommet, s'accentuant davantage vers le bord, qu'il échancre, et se continuant distinct, mais peu creusé, jusqu'au péristome.

Ambulacres antérieurs pairs divergents, faiblement creusés, relativement longs. Les zones porifères sont composées d'environ 20 paires de pores; les antérieures paraissent notablement atrophiées au sommet. L'espace interporifère est plus large que l'une des zones porifères. Ambulacres postérieurs presque aussi longs que les antérieurs, également un peu enfoncés, moins divergents, flexueux et un peu dirigés en dehors; les zones porifères postérieures sont atrophiées au sommet.

Les aires interambulacraires paires sont légèrement renflées, l'impaire, par contre, l'est fortement.

Péristome relativement très éloigné du bord antérieur.

Périprocte grand, largement ovale, acuminé à sa partie inférieure, ouvert au sommet de la face postérieure, qui est très obliquement tronquée.

Les tubercules sont très peu conservés; ils paraissent avoir été assez gros et serrés à la face supérieure. On ne voit que des traces du fasciole péripétale.

Rapports et différences. Je ne connais qu'un seul exemplaire de cette espèce, c'est celui qui a été nommé par M. Desor et l'original du moule en plâtre T. 13. Il ressemble un peu, par sa région postérieure épaisse, au *Br. Borsoni*, mais il s'en distingue facilement par ses ambulacres tout différents, moins enfoncés, plus égaux, moins divergents, et très séparés au sommet, par ses aires interambulacraires beaucoup moins renflées, sa face postérieure obliquement tronquée et son plastron plus renflé.

Localité. Nummulitique d'Égypte (rapporté par M. Lefebvre).

Collection. Muséum de Paris (Galeries zoologiques).

Explication des figures.

Pl. VII. Fig. 9, 9 a, 9 b. Brissopsis angusta, exemplaire type de l'espèce, de grandeur naturelle.

Agassizia gibberula (Michelin), Cotteau.

Pl. VIII, fig. 1-7.

SYNONYMIE.

Hemiaster gibberulus, Michelin, in Sched.
Periaster subglobosus, Fraas, 1867, aus dem Orient I, Würt. Jahreshefte, 1867, p. 278.
Agassizia gibberula, Cotteau, 1875, Descr. des Échinides des Antilles suédoises, p. 32.
Spatangus, Quenstedt, 1875, Petrefactenk. Deutschlands, Echiniden, p. 661, pl. 88, fig. 33.
Agassizia gibberula, Cotteau, 1876, Échinides nouveaux ou peu connus, fasc. 14, p. 193, pl. 27, fig. 3-7.

DIMENSIONS.

Longueur	10 à 33 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,91 à 0,96
Hauteur id. id.	0,85 à 0,88

Forme largement ovale, arrondie et point échancrée en avant, rétrécie en arrière, et tronquée verticalement sur la face postérieure. Face supérieure très élevée, renflée, convexe, souvent un peu déprimée dans l'aire interambulacraire impaire. Face inférieure convexe, assez renflée sur le plastron, légèrement creusée en avant du péristome. Pourtour très arrondi.

Sommet ambulacraire un peu excentrique en arrière, situé aux $^{53}/_{100}$ ou $^{54}/_{100}$ de la longueur. Appareil apical très peu développé. Les quatre pores génitaux sont oblongs et très rapprochés, les deux postérieurs un peu plus écartés : le corps madréporiforme, étroit, en languette irrégulière, occupe le centre de l'appareil et se prolonge légèrement en arrière.

Ambulacre impair étroit, composé de pores extrêmement petits, disposés par paires très écartées, et séparées, dans chaque paire, par un granule. On voit ces paires s'écarter toujours plus et se prolonger, noyées parmi les tubercules, jusqu'au péristome. L'ambulacre est logé dans un sillon étroit, peu profond, mais cependant assez nettement accusé près du sommet ; ce sillon s'efface très rapidement et se trouve nul, ou à peine distinct, au pourtour. Ambulacres antérieurs pairs divergents, longs et très arqués ; ils sont logés dans des excavations assez profondes, surtout au sommet. Leurs zones porifères postérieures sont larges, composées de 20 à 25 paires de pores oblongs, non conjugués. Par contre, les zones porifères antérieures sont très atrophiées près du sommet et commencent par une dizaine de paires de pores extrêmement petits, à peine distincts, qui, peu à peu, tendent à s'allonger ; vers l'extrémité, les dernières paires

sont presque semblables à celles de la zone inférieure, mais la zone supérieure reste toujours plus étroite. L'espace interporifère est très étroit, moins large que la zone porifère postérieure. Ambulacres postérieurs plus courts, un peu moins divergents, presque droits, excavés ; leurs deux zones porifères sont également composées de pores un peu virguliformes ; l'espace interporifère est extrêmement étroit. A la face inférieure les plaques ambulacraires forment deux avenues fort étroites, dépourvues de tubercules, couvertes seulement de granules très fins, qui limitent un plastron très étendu.

Péristome semilunaire, assez grand, très rapproché du bord ; sa lèvre inférieure est très saillante. Autour du péristome quelques pores, formant cinq courtes séries de doubles paires, correspondent aux cinq ambulacres.

Périprocte grand, ovale, transverse, ouvert tout à fait au sommet de la troncature verticale de la face postérieure ; il surmonte une area en écusson un peu excavée, presque entièrement libre de tubercules, mais couverte d'une granulation extrêmement fine. Bien que j'aie eu beaucoup d'exemplaires entre les mains, j'en ai à peine trouvé un ou deux dans lesquels le contour du périprocte fût parfaitement intact.

Tubercules assez apparents, très serrés, un peu inégaux à la face supérieure, comme à la face inférieure, un peu plus écartés dans la région antérieure. Sur le plastron ils sont très serrés, disposés en séries qui chevronnent sur la ligne médiane, et comme entourés d'un petit scrobicule à bords saillants.

Fasciole péripétale étroit, mais bien apparent ; il traverse, en s'arquant en dedans, l'aire interambulacraire impaire, contourne exactement l'extrémité des ambulacres postérieurs, entre un peu dans les aires interambulacraires postérieures paires, suit à quelque distance les ambulacres antérieurs pairs, puis tombe brusquement sur le fasciole marginal. Ce dernier, à partir du point de jonction, descend rapidement en avant, vers la face inférieure, et passe à peu de distance du péristome ; en arrière du point de jonction il remonte au contraire jusqu'à quelque distance du périprocte, puis descend brusquement en limitant l'écusson sous-anal, dont il a été parlé.

Variations. Les nombreux individus observés ne m'ont présenté que des modifications peu importantes dans leurs dimensions proportionnelles ; de plus, dans certains individus, la face supérieure se trouve particulièrement déprimée sur l'aire interambulacraire impaire. Tous les caractères présentent une constance remarquable. La taille seule varie considérablement, mais les plus petits exemplaires, de 10 millim. de longueur seulement, rapportés par M. Cramer, sont exactement identiques, par tous leurs caractères, aux plus grands individus.

Rapports et différences. L'*Agassizia gibberula* a été rapportée à son véritable

genre, décrite et figurée très complètement par M. Cotteau (loc. cit.). Il passait pour provenir des dépôts récents de la mer Rouge, mais il se trouve en réalité en abondance dans les couches nummulitiques des environs du Caire, d'où M. Cramer, en particulier, en a rapporté de très nombreux exemplaires. Ainsi que l'a déjà fait observer M. Cotteau, il diffère un peu des espèces vivantes, et entre autres de l'*Agassizia scrobiculata*, avec lequel je l'ai comparé, par le développement un peu plus normal des zones porifères antérieures de ses ambulacres antérieurs pairs, mais, si ces zones ressemblent aux postérieures à leur extrémité, elles sont par contre tout à fait semblables, par leurs premières paires de pores très atrophiées, aux mêmes zones dans les espèces vivantes. Du reste, l'espèce fossile montre, par tous ses caractères, qu'elle appartient incontestablement au genre *Agassizia*.

Localités. Ouadi-el-Tih, Plateau des observations de Vénus, Montagne Rouge, aux environs du Caire (recueilli par M. Cramer). — Ouadi-el-Tih (recueilli par M. Fraas). — Djebel-Mokolone, Mokattan (recueilli par M. Delanoue).

Collections. Musée de Stuttgart. Muséum et École des mines de Paris. Musée de Genève. Cotteau. P. de Loriol.

Explication des figures.

Pl. VIII. Fig. 1, 1 a. Agassizia gibberula, exemplaire très normal de forme.
Fig. 2, 2 a. Autre individu vu en dessous et sur la face antérieure.
Fig. 3 . . . Autre exemplaire vu sur la face postérieure.
Fig. 4 . . . Autre exemplaire rétréci dans la région postérieure.
Fig. 5 . . . Autre exemplaire, au contraire, peu rétréci en arrière.
Fig. 5 a . . Appareil apicial et ambulacres antérieurs du même, grossis.
Fig. 6 . . . Petit exemplaire à la surface usée, mais présentant le périprocte intact.
Fig. 7 . . . Jeune exemplaire de la même espèce.
Toutes ces figures, sauf *fig. 5 a*, sont de grandeur naturelle, les originaux, recueillis par M. Cramer, à Ouadi el Tih, m'ont été donnés par lui.

Linthia Delanouei, P. de Loriol, 1880.

Pl. VII, fig. 12.

DIMENSIONS.

Longueur	54 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,92
Hauteur id. id.	0,70

Forme largement ovale, un peu plus rétrécie en avant qu'en arrière. Face supérieure élevée, renflée, déclive en avant, relevée en arrière dans l'aire interambulacraire

impaire, vers le milieu de laquelle se trouve le point culminant; elle est, du reste, assez uniformément bombée. Face postérieure élevée, tronquée et évidée au milieu. Face inférieure assez uniformément convexe, un peu renflée sur le plastron. Pourtour arrondi.

Sommet ambulacraire subcentral. Appareil apical un peu enfoncé. Les quatre pores génitaux sont très ouverts et très rapprochés.

Ambulacre impair assez court, large, composé de pores très petits, disposés par paires rapprochées; il est logé dans un sillon large, mais assez peu creusé, à fond plat, qui échancre le bord, mais peu profondément. Ambulacres pairs larges, très inégaux, enfoncés dans des cavités plus profondes que le sillon antérieur. Leurs zones porifères sont larges; un petit tubercule se trouve à chaque extrémité des cloisons qui séparent les pores. L'espace interporifère n'est guère plus large que l'une des zones porifères. Les antérieurs pairs sont très longs, très larges, arrondis à leur extrémité, divergents, mais dirigés en avant. Chaque zone porifère a 34 paires de pores. Les ambulacres postérieurs sont plus courts, moins larges, moins divergents, un peu arqués en dedans. Les aires interambulacraires sont fort étroites au sommet, mais médiocrement renflées.

Péristome relativement assez éloigné du bord antérieur.

Périprocte largement ovale, longitudinal, ouvert au sommet d'une area profonde qui excave le bord postérieur, et au bord de laquelle se trouvent deux ou trois protubérances.

Tubercules de la face supérieure petits, assez serrés, entourés d'une très fine granulation; ceux de la face inférieure sont bien plus écartés.

Fasciole péripétale étroit, serrant de près les ambulacres. Je ne distingue pas le fasciole latéral par suite de l'usure du test.

Rapports et différences. La belle espèce que je viens de décrire est du type du *Linthia Orbignyana*, Cotteau, mais elle en diffère par sa forme moins orbiculaire, moins échancrée en avant, sa face supérieure plus renflée, ses ambulacres antérieurs pairs moins divergents, avec des zones porifères composées de paires de pores plus nombreuses, ses ambulacres postérieurs plus rapprochés, relativement plus longs et arqués, enfin son area anale très accusée. Ne connaissant pas le fasciole latéral, c'est par analogie que je la rapporte au genre *Linthia*.

Localités. Environs de Thèbes (recueilli par M. Delanoue). — Djebel-Corardane, 5 kil. N. de Guirgué, Haute-Égypte (M. Delanoue).

Collection. Muséum de Paris (coll. d'Orbigny).

Explication des figures.

Pl. VII. Fig. 12 a, b, c, d. Linthia Delanouei, exemplaire de grandeur naturelle, provenant des environs de Thèbes. Le fasciole péripétale n'est pas visible sur cet individu, à cause d'une certaine usure, il l'est sur un autre, dont la forme, par contre, est mal conservée.

Linthia cavernosa, P. de Loriol, 1880.

Pl. VIII, fig. 8-10.

DIMENSIONS.

Longueur	39 à 49 mm.
Largeur par rapport à la longueur	1,00
Hauteur id. id.	0,49 à 0,67

Forme suborbiculaire, aussi large que longue, relativement déprimée, arrondie et largement échancrée en avant, rétrécie en arrière. Face supérieure peu renflée, très accidentée par les larges excavations des ambulacres et les carènes des aires interambulacraires; elle est peu déclive en avant, mais relevée en arrière dans l'aire interambulacraire impaire. Face inférieure faiblement mais uniformément convexe, un peu relevée sur le plastron qui se termine par une petite protubérance. Face postérieure tronquée, mais obliquement, plutôt un peu arrondie, surtout vers la base.

Sommet ambulacraire excentrique en avant, situé à $^{46}/_{100}$ de la longueur. Appareil apical enfoncé entre les sommets des carènes des aires interambulacraires. Les quatre pores génitaux sont bien ouverts, les deux postérieurs beaucoup plus écartés que les antérieurs. Le corps madréporiforme, attenant comme toujours à la plaque génitale antérieure droite, est ovale et nettement circonscrit; il occupe le centre de l'appareil et se prolonge un peu en arrière.

Ambulacre impair enfoncé dans un sillon large et très profond, échancrant largement le bord antérieur et se prolongeant, mais en s'atténuant beaucoup, jusqu'au péristome. Je ne vois pas les pores. Ambulacres pairs très larges et relativement longs, enfoncés dans de larges et profondes excavations. L'espace interporifère est plus large que l'une des zones porifères. Les antérieurs, avec 28 paires de pores dans chaque zone porifère, sont divergents et dirigés en avant; ils atteignent presque le bord. Les postérieurs sont plus courts que les antérieurs, beaucoup plus rapprochés et un peu arqués; ils ont 26 paires de pores. Les aires interambulacraires sont très rétrécies par suite de la largeur des excavations ambulacraires, surtout vers le sommet, où elles ont l'apparence de fortes carènes élevées et renflées.

Péristome relativement peu ouvert, assez écarté du bord.

Périprocte ovale, transverse, ouvert assez bas sur la face postérieure, et visible d'en haut par suite de l'obliquité de cette dernière.

Les tubercules de la face supérieure paraissent petits et écartés; on en voit de plus gros sur le sommet des carènes interambulacraires. A la face inférieure, ils sont comme placés au centre d'une plaque circulaire lamelleuse, entourée d'un filet de granules très fins. Le plastron est fort étroit; les ambulacres postérieurs ont l'apparence de larges avenues couvertes d'une granulation très fine, mais sans tubercules.

L'état des échantillons ne permet pas de distinguer les fascioles, sauf quelques traces.

Rapports et différences. Le *Linthia cavernosa* offre une assez grande ressemblance de forme avec le *Linthia Heberti*, Cotteau; il s'en distingue toutefois par sa face supérieure bien plus déprimée, son sillon antérieur plus profond, et échancrant beaucoup plus le bord, ses ambulacres postérieurs bien moins divergents et arqués, ses sillons ambulacraires plus profonds. Le *L. Orbignyana*, Cotteau, a des ambulacres plus larges et moins creusés, et les postérieurs sont moins divergents, de plus la face supérieure est plus renflée et le sillon antérieur moins profond. Le *L. latisulcata*, qui est voisin aussi, a ses ambulacres postérieurs bien plus longs. Enfin le *Linthia cavernosa*, surtout le petit individu figuré, a des rapports avec le *Linthia subglobosa*, mais il s'en distingue facilement par ses ambulacres pairs plus longs, à peu près égaux, dont les antérieurs, au lieu de s'arquer fortement en avant, sont presque droits, et dont les postérieurs sont plus longs (25 paires de pores au lieu de 20 à longueur égale) et ont des zones porifères égales dans leur longueur, au lieu de s'élargir notablement au milieu, ce qui donne à l'ambulacre une forme ovale très prononcée; de plus, ses aires interambulacraires sont plus élevées, plus carénées au sommet, et la face postérieure est moins carrément tronquée. A ce propos, je dois confesser que je me suis entièrement trompé en rapportant l'espèce du terrain nummulitique des Alpes de Schwytz (*Échinides tertiaires de la Suisse*, p. 103) au *Linthia subglobosa* du bassin de Paris. En comparant plus attentivement des individus alpins avec un échantillon de Grignon et avec le moule en plâtre, je me suis aperçu que leurs ambulacres sont fort différents, que les postérieurs des premiers sont plus longs relativement aux antérieurs, plus enfoncés, plus droits, et qu'ils n'ont point une forme ovale produite par l'élargissement des zones porifères. L'espèce de la Suisse doit certainement être distinguée, et je propose pour elle le nom de *Linthia Ybergensis*. Ce dernier est plus voisin du *L. cavernosa*, mais il en diffère par sa face supérieure plus épaisse, sa face inférieure plus convexe, sa face postérieure abrupte ou rentrante, ne laissant pas voir le

périprocte d'en haut, ses ambulacres, son péristome plus éloigné du bord. On peut encore comparer le *L. cavernosa* au *L. bathycolcos*, Laube, du Vicentin, dont les ambulacres sont plus larges, composés de moins de pores, les postérieurs plus divergents et non arqués, la forme de ce dernier est en outre fort différente et son sillon antérieur moins profond.

Localités. El Aouhi, à 5 kil. d'Edfou. Djebel Fatira, Couche d'Éguillette (recueilli par M. Delanoue).

Collection. Muséum de Paris (collection d'Orbigny).

Explication des figures.

Pl. VIII. Fig. 8, 8 a. Linthia cavernosa, exemplaire dans lequel la face supérieure est assez détériorée, le test est presque détruit dans les aires interambulacraires, mais on voit seulement, à leurs sommets, qui sont conservés, combien elles étaient saillantes et carénées. Grandeur naturelle. Djebel Fatira.

Fig. 9, 9 a. Autre exemplaire de la même espèce, un peu plus épais; les carènes interambulacraires de la face supérieure sont bien prononcées au sommet, ainsi qu'on le voit dans la *fig. 9 a.* El Aouhi. Grandeur naturelle.

Fig. 10. . . Autre exemplaire de la même espèce, de grande taille, mais mal conservé et presque dépourvu de son test. Djebel Fatira. Grandeur naturelle.

Linthia latisulcata, Desor.

Pl. VIII, fig. 11.

SYNONYMIE.

Hemiaster latisulcatus, Desor, 1847, in Agassiz et Desor, Catalogue raisonné des Échinides, p. 125.
Periaster latisulcatus, Desor, 1857, Synopsis des Échinides, p. 387.
? *Id.* L. Lartet, 1872, Géologie de la Palestine, Annales des Sc. géolog., vol. III, p. 84.

DIMENSIONS.

Longueur	35 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,35
Hauteur id. id.	0,65

Je n'ai pas eu à ma disposition l'exemplaire original de cette espèce, qui, d'après le « Catalogue raisonné des Échinides, » se trouvait au Muséum de Paris. Parmi les nombreux oursins d'Égypte que j'ai examinés, aucun ne peut lui être rapporté. Comme elle est fort caractéristique, et afin de compléter ma monographie, je donne ici la description, nécessairement incomplète pour les détails, du moule en plâtre (T. 8).

Forme suborbiculaire, aussi longue que large, arrondie et largement échancrée en avant, rétrécie et faiblement tronquée en arrière. Face supérieure déprimée, très accidentée par les larges cavités des ambulacres. Face inférieure convexe, renflée sur le plastron, très légèrement déprimée autour du péristome. Pourtour très arrondi.

Sommet ambulacraire excentrique en avant. L'appareil apicial se trouve enfoncé entre les sommets relevés des aires interambulacraires. Ambulacres très longs et très larges; les postérieurs sont plus longs que les autres, et remarquablement longs pour une espèce du genre, car ils atteignent presque le bord postérieur, et le périprocte paraît comme ouvert entre leurs deux extrémités. Les cinq ambulacres sont logés dans des cavités profondes, surtout singulièrement larges et longues, atteignant presque le pourtour, qui est largement échancré par le sillon antérieur impair; ces cavités paraissent sensiblement égales entre elles, les postérieures un peu plus larges. Les aires interambulacraires sont fort étroites à leur sommet et forment comme cinq carènes relevées autour de l'appareil apical. On peut voir que les zones porifères étaient particulièrement larges.

Péristome rapproché du bord; autour de lui la face inférieure est à peine déprimée.

Périprocte un peu oblique, ouvert au sommet de la face postérieure qui forme au-dessous un léger renflement, de sorte qu'il est visible d'en haut et pas d'en bas.

Rapports et différences. Par ses ambulacres très larges et singulièrement longs, surtout les postérieurs, et par les larges cavités dans lesquelles ils sont logés, cette espèce se distingue facilement de celles avec lesquelles on pourrait la comparer. Comme on ne connaît pas les fascioles, c'est par analogie qu'elle est placée dans le genre *Linthia*.

Localité. Terrain nummulitique d'Égypte (Lefebvre). Musée de Paris. (D'après le « Catalogue raisonné. »)

Explication des figures.

Pl. VIII. Fig. 11, 11 a. Linthia latisulcata, moule en plâtre T. 8. Grandeur naturelle.

Linthia Navillei, P. de Loriol, 1880.

Pl. VIII, fig. 12.

DIMENSIONS.

Longueur	28 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,85
Hauteur id. id.	0,72

Forme ovale, allongée, rétrécie et fortement échancrée en avant, rétrécie et arrondie au pourtour en arrière. Face supérieure très élevée, déclive en avant et fortement relevée en arrière dans l'aire interambulacraire impaire. Le point culminant est un peu excentrique en arrière. Face postérieure tronquée très obliquement jusqu'à une faible distance de la face inférieure, où le pourtour s'arrondit et se tronque ensuite de nouveau en retrait jusqu'à une petite pointe qui termine le plastron. Face inférieure convexe en arrière, un peu déprimée en avant aux environs du péristome. Pourtour arrondi.

Sommet ambulacraire excentrique en avant, plus antérieur que le point culminant.

Ambulacre impair long, composé de pores disposés par paires écartées; il est logé dans un sillon extrêmement large et profond, échancrant largement et profondément le pourtour, et se continuant à la face inférieure sous la forme d'une faible dépression. Ambulacres antérieurs pairs très enfoncés, relativement assez longs, très divergents, quoique cependant dirigés en avant, arrondis à l'extrémité. Je ne distingue qu'imparfaitement les pores, je puis seulement constater que les zones porifères sont fort larges, les séries de pores externes se trouvant contre les parois des cavités; conséquemment l'espace interporifère est fort étroit. Ambulacres postérieurs très courts, arrondis, peu divergents, placés dans des cavités profondes et très évasées. Je ne distingue les pores que fort imparfaitement. Les aires interambulacraires, extrêmement rétrécies par la largeur des cavités ambulacraires, paraissent comme autant de carènes très saillantes, dont la postérieure impaire est notablement plus relevée que les autres.

Péristome relativement très éloigné du bord.

Périprocte ovale transverse, presque arrondi, ouvert au sommet de la troncature très oblique de la face postérieure, donc entièrement visible d'en haut et nullement d'en bas.

Tubercules imparfaitement conservés; ils paraissent écartés et assez homogènes à la face supérieure, tandis qu'à la face inférieure ils sont plus gros et plus serrés, particulièrement sur le plastron.

On voit des traces du fasciole péripétale, mais le fasciole latéral est inconnu.

Rapports et différences. Je ne connais qu'un seul exemplaire de cette remarquable espèce; sa surface étant un peu usée, on ne peut voir aucune trace du fasciole latéral; son facies général m'a engagé à le classer dans le genre *Linthia*, mais il pourrait fort bien aussi être un *Hemiaster*. Je ne connais pas d'espèce avec laquelle celle-ci pourrait être confondue.

Localité. Mokattan près du Caire (recueilli par M. Aloys Naville).

Collection. P. de Loriol.

Explication des figures.

Pl. VIII. Fig. 12, 12 a, 12 b, 12 c. Linthia Navillei, exemplaire de grandeur naturelle.

Linthia arizensis (d'Archiac), Cotteau.

Pl. VII, fig. 10 et 11

SYNONYMIE.

Hemiaster arizensis, d'Archiac, 1859, Bull. Soc. géol. de France, 2me série, t. XVI, p. 804.
Periaster arizensis, Cotteau, 1863, Échin. foss. des Pyrénées, p. 126, pl. 6, fig. 11-12.

DIMENSIONS.

Longueur	16 à 21 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,90 à 0,97
Hauteur id. id.	0,55 à 0,57

Forme largement ovale, à pourtour un peu anguleux, très déprimée, un peu échancrée en avant, un peu rétrécie et tronquée en arrière. Face supérieure très peu renflée, déclive en avant, un peu relevée en arrière; le point culminant est excentrique en arrière. Face inférieure assez mal conservée dans nos exemplaires; on distingue seulement une assez forte saillie du plastron. Pourtour arrondi.

Sommet ambulacraire subcentral.

Ambulacre impair composé de pores petits, disposés dans chaque zone porifère par paires écartées; il est logé dans un sillon large et assez profond, s'atténuant près du bord qu'il échancre faiblement, et se continuant jusqu'au péristome, sans s'accentuer. Ambulacres pairs très inégaux, larges, pas très creusés; leurs zones porifères sont relativement fort larges, notablement plus larges que l'espace interporifère. Les antérieurs sont assez longs, évasés, arrondis à leur extrémité, un peu flexueux; les postérieurs sont oblongs, peu enfoncés et extrêmement courts. Les aires interambulacraires sont étroites à leur sommet, mais peu relevées, sauf les deux antérieures; l'impaire est assez renflée.

Péristome peu éloigné du bord.

Périprocte ovale, longitudinal, au sommet de la face postérieure.

Tubercules petits et écartés à la face supérieure; dans nos exemplaires on ne distingue, à la face inférieure, que ceux du pourtour, la largeur des avenues ambulacraires lisses qui bordent le plastron ne saurait être appréciée.

Je ne distingue que des traces du fasciole péripétale ; le fasciole latéral est invisible à cause de l'usure.

Rapports et différences. Les deux exemplaires que je rapporte à cette espèce sont légèrement déformés, mais ils ne sont pas sensiblement aplatis et ils présentent, dans tous leurs caractères appréciables, ceux de l'espèce à laquelle je les rapporte ; il est regrettable, au point de vue de la correction de la détermination, que les caractères assez particuliers de la face inférieure n'aient pas pu être observés. L'espèce la plus voisine est le *Linthia biarritzensis*, Cotteau, qui se distingue par son sillon antérieur plus large, encore plus profond, échancrant davantage le bord, et par sa face supérieure plus renflée, de plus sa face inférieure a des espaces lisses beaucoup moins grands, mais je ne puis comparer ce caractère. Le *L. arizensis* avait été cité dans le Vicentin, mais il paraît, d'après M. Dames (Échinides du Vicentin), qu'il ne s'y trouve pas en réalité.

Localité. Environs de Thèbes (recueilli par M. Delanoue).

Collection. Muséum de Paris (collection d'Orbigny).

Explication des figures.

Pl. VII. Fig. 10, 10 a, 10 b. *Linthia arizensis*, petit individu dans lequel la face inférieure est mal conservée.

Fig. 11, 11 a, 11 b. Autre exemplaire plus grand de la même espèce ; la face inférieure est usée.

Ces figures sont de grandeur naturelle.

Schizaster africanus, P. de Loriol.

Pl. VIII, fig. 13 et 14.

SYNONYMIE.

Schizaster africanus, P. de Loriol, 1863, Descr. de deux Échinides nouveaux du nummulitique d'Égypte, p. 5, pl. 1, fig. 2 (Mém. de la Société de Physique et d'Hist. nat. de Genève, vol. XVII, 1re partie).

Id. Fraas, 1867, Geologisches aus dem Orient I, in Würtemb. Jahreshefte, 1867, p. 279.

Id. L. Lartet, 1872, Géologie de la Palestine, Annales des Sciences géologiques, t. III, p. 84.

DIMENSIONS.

Longueur	38 à 55 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,98
Hauteur id. id.	0,83 à 0,85

Forme très renflée, très largement ovale, presque aussi large que longue, arrondie et un peu échancrée en avant, un peu tronquée en arrière. L'aire interambulacraire impaire forme un rostre assez prononcé au-dessus de la face postérieure. Face supérieure très élevée, renflée, convexe, déclive en avant, relevée en arrière. Le point culminant est un peu en arrière du sommet ambulacraire. Face inférieure très bombée, convexe partout, sauf en avant du péristome où elle est un peu déprimée. Pourtour très arrondi.

Sommet ambulacraire excentrique en arrière, situé aux $^{43}/_{100}$ de la longueur. Appareil apical un peu enfoncé; il n'y a que deux pores génitaux, un en face de chacune des aires interambulacraires postérieures; ils sont bien ouverts.

Ambulacre antérieur impair au fond d'un sillon étroit, mais très profond, dont les parois sont perpendiculaires et excavées; vers le bord le sillon s'atténue, il échancre le pourtour, mais peu profondément, et se continue à la base, en s'atténuant beaucoup, jusqu'au péristome. Les zones porifères sont longues, et tout à fait au bord des parois latérales du sillon; chacune est composée de vingt paires de pores petits, séparés dans chaque paire par un petit granule; les cloisons qui séparent les paires se prolongent dans la cavité de la paroi adjacente, sous la forme de côtes larges, séparées par un sillon; cela est fort distinct dans un individu très frais. Le fond du sillon est plat et couvert, comme les parois, de granules d'une extrême finesse. Ambulacres antérieurs pairs très longs, très flexueux, très larges, très creusés, arqués vers leur extrémité qui est arrondie. Les zones porifères sont fort larges et composées chacune d'une trentaine de paires de pores, dans les individus de taille moyenne; l'espace interporifère est moins large que l'une des zones porifères; les pores externes sont ouverts dans les parois verticales des sillons. Ambulacres postérieurs beaucoup plus courts, également divergents, oblongs, non arqués, acuminés à leur extrémité; ils n'ont que 18 paires de pores (dans l'individu qui en a 30 dans les antérieurs). Aires interambulacraires élevées, étroites au sommet; les deux antérieures paires et la postérieure impaire sont très carénées.

Péristome assez éloigné du bord, sa lèvre externe est très saillante.

Périprocte ouvert au sommet de la face postérieure, qui paraît assez creusée, par suite d'un léger recouvrement de l'aire interambulacraire impaire et d'un petit renflement de la base; il est grand, ovale, longitudinal, un peu acuminé aux deux extrémités, surtout en bas.

Tubercules petits, très serrés et homogènes à la face supérieure, plus développés dans le sillon antérieur impair. A la face inférieure ils sont plus volumineux, sur le plastron ils sont serrés, disposés en séries qui chevronnent au milieu, et ils paraissent

comme excentriques sur une sorte de plaquette lamelleuse. Les avenues ambulacraires lisses qui bordent le plastron sont fort étroites.

Fasciole péripétale très sinueux serrant de près les ambulacres. Fasciole latéral embranchant vers la moitié des ambulacres antérieurs, et faisant un V très profond au-dessous du périprocte; une petite protubérance se trouve au point d'intersection.

Rapports et différences. Le *Sch. africanus* est assez facilement reconnaissable par son ensemble très renflé et très arrondi, sa face inférieure très convexe, ses ambulacres antérieurs pairs très divergents, très longs, très larges et très flexueux, ses ambulacres postérieurs acuminés. Il est voisin du *Schiz. Studeri*, Ag. du Vicentin, tout au moins des exemplaires que j'ai sous les yeux (je n'en ai vu aucun aussi acuminé en arrière et ayant le sommet aussi excentrique que celui qui a été figuré par M. Dames (Échinides du Vicentin); il en diffère toutefois par son ensemble plus arrondi, sa face inférieure plus convexe, ses ambulacres antérieurs pairs relativement encore plus larges, plus divergents, plus sinueux et plus creusés, ses ambulacres postérieurs également plus larges, son aire interambulacraire impaire faisant moins saillie au-dessus du périprocte. Le *Schizaster Djulfensis*, Dubois, que l'on croit être le même que le *Sch. Studeri*, offre certainement aussi beaucoup d'analogie avec le *Sch. africanus*, mais l'exemplaire original, qui est conservé au Musée de Zurich, est si écrasé qu'on ne saurait en tirer des conclusions bien précises. Il y aura certainement lieu de reviser les espèces du genre *Schizaster* avec des matériaux suffisants, car il en est qui ne me paraissent pas suffisamment bien établies. Dans le *Sch. Newboldi*, d'Archiac, les ambulacres pairs sont moins divergents, les antérieurs moins flexueux, le sillon antérieur est aussi plus large et la face inférieure moins convexe. Dans le *Sch. rimosus*, les ambulacres sont très différents.

Localités. Mokattan près du Caire (recueilli par MM. E. Cramer, Delanoue, Fraas, Lefebvre, Ed. Naville, Husson).

Collections. Muséum de Paris, Musée de Stuttgart, P. de Loriol, Cotteau.

Explication des figures.

Pl. VIII. Fig. 13, 13 a, 13 b. Schizaster africanus. Individu de grande taille, type de l'espèce. Coll. P. de Loriol, rapporté par M. Husson.

Fig. 14. . . . . . Autre échantillon, un peu moins renflé, vu sur la face postérieure. Muséum de Paris, galeries zoologiques. Rapporté par M. Lefebvre.

Schizaster Gaudryi, P. de Loriol, 1880.

Pl. IX, fig. 1.

DIMENSIONS.

Longueur	58 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,89
Hauteur id. id.	0,65

Forme ovale, arrondie et profondément échancrée en avant, rétrécie et un peu rostrée en arrière. Face supérieure relativement peu élevée, peu renflée, faiblement déclive en avant, et relevée en arrière dans l'aire interambulacraire impaire, du reste assez uniformément convexe. Face inférieure fortement et très régulièrement convexe, sans dépression autour du péristome, un peu renflée sur le plastron. Face postérieure rétrécie et un peu déprimée au milieu. Pourtour très arrondi.

Sommet ambulacraire excentrique en arrière, situé aux $^{43}/_{100}$ de la longueur. Appareil apical un peu enfoncé entre les sommets des aires interambulacraires. Deux pores génitaux bien ouverts, un en face de chacune des aires interambulacraires postérieures paires. Pores ocellaires forts petits, ouverts dans un petit enfoncement, à l'origine des sillons de leurs ambulacres respectifs. La plaque madréporiforme occupe le centre de l'appareil.

Ambulacre impair logé dans un sillon très large et très profond dès son origine, dont le fond est plat et couvert de granules très fins, saillants et extrêmement serrés, les deux parois latérales sont excavées; vers le pourtour le sillon s'approfondit encore, mais se rétrécit beaucoup, il échancre le bord par une entaille étroite et arrondie au fond, puis, à la base, il s'atténue rapidement en se dirigeant vers le péristome. Les zones porifères sont longues, composées chacune de 24 paires de pores; entre chaque paire se trouve une cloison saillante qui remonte dans l'excavation de la paroi avoisinante du sillon ambulacraire. Ambulacres pairs larges, inégaux, très creusés; leurs zones porifères sont larges, leurs pores externes se trouvent tout près du sommet des parois du sillon; l'espace interporifère a une largeur à peu près égale à celle de l'une des zones porifères. Les antérieurs sont longs, flexueux, dirigés en avant et relativement peu divergents; les postérieurs, plus étroits, ont un peu la forme d'un S avec l'extrémité dirigée en dehors; leur longueur est égale aux deux tiers de celle des antérieurs. Aires interambulacraires très étroites et relevées en carènes à leur sommet; les antérieures paires sont tronquées vers le bord du sillon impair jusqu'à la moitié

environ de sa longueur, ce qui augmente son apparence large, puis elles se relèvent en carènes aiguës en se rejetant vers les sillons des ambulacres pairs. La postérieure impaire est assez relevée et carénée au milieu.

Péristome relativement grand et peu rapproché du bord, sa lèvre inférieure est peu saillante, le test n'est point déprimé tout autour, et les pores ambulacraires qui l'environnent sont nombreux et très ouverts.

Périprocte grand, ovale, longitudinal, acuminé à son extrémité inférieure, ouvert au sommet de la face postérieure qui est un peu excavée au milieu sans qu'il y ait un recouvrement proprement dit par l'extrémité de l'aire interambulacraire impaire.

Tubercules petits, serrés et homogènes à la face supérieure, beaucoup plus volumineux et plus écartés à la face inférieure où ils sont entourés d'un cercle de granules.

Fasciole péripétale large, serrant de près les ambulacres; je ne puis le suivre tout entier. Fasciole latéral embranchant vers la moitié des ambulacres antérieurs pairs; une petite protubérance se trouve au point de jonction.

Rapports et différences. L'espèce intéressante que je viens de décrire présente tous les caractères les plus typiques du genre *Schizaster*. Elle est remarquable par son ensemble relativement déprimé, et par sa face supérieure très peu renflée et peu déclive. Le *Sch. Newboldi*, d'Archiac, a des ambulacres moins flexueux, les postérieurs étant relativement plus courts et plus rapprochés, son sillon est aussi moins rétréci vers le bord, qu'il échancre moins profondément. Le *Sch. lucidus*, Laube, est plus orbiculaire, plus renflé en dessus, ses ambulacres et ses sillons sont différents. Le *Sch. vicinalis*, Ag., est bien plus rétréci et plus rostré en arrière; ses ambulacres postérieurs sont plus courts, plus rapprochés et moins flexueux. Dans le *Sch. Parkinsoni*, qui est plus renflé, le sommet ambulacraire est plus central, et les ambulacres antérieurs pairs sont plus divergents, le sillon antérieur est aussi moins large.

Localité. Couches d'Éguillette et Djebel-Fatira, aux environs de Thèbes (recueilli par M. Delanoue). Un exemplaire incomplet, mais très probable, du Mokattan (M. Delanoue).

Collections. Muséum de Paris (collection d'Orbigny).

Explication des figures.

Pl. IX. Fig. 1, 1 a, 1 b, 1 c. Schizaster Gaudryi, individu de grandeur naturelle.

Fig. 1 d. Grossissement d'un fragment de l'ambulacre impair du même, la paroi du sillon est vue de côté pour montrer l'excavation et l'arrangement des pores. Le petit pore à droite est sur le fond du sillon, l'autre, pyriforme, se trouve contre la paroi verticale et excavée du sillon.

Schizaster Zitteli, P. de Loriol, 1880.

Pl. IX, fig. 2.

DIMENSIONS.

Longueur	40 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,90
Hauteur id. id.	0,72

Forme ovale, oblongue, arrondie et échancrée en avant, tronquée et non rostrée en arrière, peu renflée relativement aux autres espèces du genre. Face supérieure convexe, déclive en avant, assez relevée en arrière; le point culminant se trouve vers l'extrémité de la carène interambulacraire impaire. Face inférieure convexe, un peu renflée sur le plastron. Pourtour très arrondi.

Sommet ambulacraire relativement peu excentrique en arrière, situé aux $^{45}/_{100}$ de la longueur. Appareil apical point enfoncé. Je vois, dans un exemplaire, deux pores génitaux bien ouverts, un en face de chacune des aires interambulacraires postérieures paires; dans un second exemplaire il y en aurait un troisième à droite; le corps madréporiforme est central et très peu développé; les pores ocellaires sont extrêmement petits.

Ambulacre antérieur impair dans un sillon très large, pas très profond, diminuant beaucoup de profondeur vers le pourtour, qu'il échancre cependant; ce sillon se continue, mais très faible, à la face inférieure, jusqu'au péristome. Les zones porifères sont longues, composées de pores très petits, disposés par paires écartées, dont je ne connais pas exactement le nombre; les parois latérales du sillon sont peu élevées et légèrement excavées, le fond est plat et finement granuleux. Ambulacres antérieurs pairs très larges, pas très creusés relativement, arrondis à leur extrémité, pas très flexueux et peu divergents. Les zones porifères, fort larges, sont composées de 28 paires de pores, séparées les unes des autres par une cloison granuleuse. L'espace interporifère est notablement moins large que les zones porifères. Ambulacres postérieurs pairs larges, ovales, arrondis, également peu creusés, peu divergents et notablement plus courts que les antérieurs; leurs zones porifères sont larges et composées de 19 paires de pores.

Aires interambulacraires ni renflées, ni relevées à leur sommet; il en résulte, autour de l'appareil apical, un espace plane, assez étendu, sur lequel se trouvent les premières paires de pores des cinq ambulacres. Les aires antérieures sont un peu carénées le long du sillon antérieur, l'impaire est assez relevée et renflée à son extrémité, mais non carénée, elle ne surplombe nullement l'orifice anal.

Péristome ovale, transverse, assez grand, assez éloigné du bord.

Périprocte grand, ovale, longitudinal, acuminé aux extrémités, ouvert au sommet de la troncature postérieure qui est légèrement déprimée au milieu.

Tubercules de la face supérieure petits, très serrés, assez homogènes, accompagnés de petits granules; à la face inférieure ils sont bien plus volumineux et entourés d'une plaquette saillante, les intervalles sont très granuleux. Sur le plastron les tubercules sont serrés et disposés en séries qui chevronnent au milieu. Les avenues ambulacraires limitant le plastron sont étroites, très granuleuses, mais dépourvues de tubercules.

Fasciole péripétale large, assez rentrant dans les aires interambulacraires postérieures paires, contournant les extrémités des ambulacres et traversant, à peu près en ligne droite, soit le sillon antérieur, soit l'aire interambulacraire impaire. Le fasciole latéral, bien plus étroit, embranche vers la moitié des ambulacres antérieurs pairs, et passe sous le périprocte en faisant un fort sinus.

Rapports et différences. Cette espèce intéressante se rapproche, sous certains rapports, du *Schizaster Bellardii*, Ag., mais elle s'en distingue facilement par sa forme moins renflée, son sommet plus central, ses aires interambulacraires ni renflées, ni relevées à leur sommet, ses ambulacres antérieurs pairs un peu plus flexueux. Je ne vois pas d'autre espèce avec laquelle elle puisse être confondue.

Localité. Environs de Thèbes (recueilli par M. Delanoue).

Collection. Muséum de Paris (collection d'Orbigny).

Explication des figures.

Pl. IX. Fig. 2, 2 a, 2 b, 2 c. Schizaster Zitteli, de grandeur naturelle.

Schizaster foveatus, Agassiz.

Pl. IX, fig. 3 et 4.

SYNONYMIE.

Schizaster foveatus, Agassiz, 1840, Catal. Ectyp. Mus. néoc., p. 3.
Hemiaster foveatus, Desor, 1847, in Agassiz et Desor, Catalogue raisonné des Échinides, p. 123.
Id. d'Archiac, 1850, Mém. Soc. géol. de France, 2me série, t. III, p. 427.
Id. Desor, 1857, Synopsis des Ech. foss., p. 374.
Id. Leymerie et Cotteau, 1856, Catal. des Éch. des Pyrénées, Bull. Soc. géol. de France, 2me série, t. XIII, p. 344.
Id. Cotteau, 1863, Échinides des Pyrénées, p. 115.

DIMENSIONS.

Longueur	28 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,93 à 0,96
Hauteur id. id.	0,87 à 0,89

Forme très renflée, très largement ovale, presque aussi large que longue, un peu plus rétrécie en arrière qu'en avant, largement échancrée en avant, tronquée sur la face postérieure qui est presque verticale. Face supérieure très élevée, convexe, accidentée par les carènes des aires interambulacraires. Le point culminant se trouve notablement en arrière du sommet ambulacraire. Face inférieure convexe. Pourtour très arrondi.

Sommet ambulacraire sub-central. Appareil apical très peu étendu, un peu enfoncé entre les sommets des carènes des aires interambulacraires.

Ambulacres très inégaux. L'antérieur impair est logé dans un sillon profond et large dès l'origine, puis rétréci et diminuant de profondeur vers le pourtour qu'il échancre cependant largement, en se continuant, quoique faiblement, à la face inférieure, jusqu'au péristome. Dans la première partie élargie de ce sillon ses parois sont verticales et distinctement excavées; de chaque côté se trouvaient des petites côtes très légères, dont on voit les traces, qui séparaient les paires de pores. Ces dernières sont assez nombreuses dans chacune des zones porifères qui sont tout à fait rapprochées des deux bords du sillon. Je suis à peu près certain qu'il se trouvait de chaque côté, vers le haut de l'excavation des parois, une seconde paire de pores. Ambulacres antérieurs pairs pas très longs, un peu arqués en avant, arrondis à l'extrémité, enfoncés dans des cavités profondes qui commencent par un petit sillon arqué. Leurs zones porifères sont larges et composées de 18 à 19 paires de pores; les pores externes sont percés dans les parois de la cavité; l'espace interporifère atteint à peu près la largeur de l'une des zones porifères. Ambulacres postérieurs très courts, beaucoup plus courts et moins divergents que les antérieurs, également enfoncés dans des cavités, mais moins profondes et très atténuées à leur extrémité; les pores externes des zones porifères se trouvent tout à fait au sommet des parois. Les aires interambulacraires sont très rétrécies à leur sommet où elles forment autant de carènes saillantes.

Péristome relativement assez éloigné du bord; autour de lui la face inférieure n'est presque point déprimée.

Périprocte ovale, allongé, petit, ouvert au sommet de la face postérieure.

Tubercules petits et serrés à la face supérieure, plus écartés au pourtour, plus volumineux et très écartés à la face inférieure, sauf sur le plastron où ils sont serrés et comme fixés sur une plaque en forme d'écaille. Sur les côtés, dans les aires interambu-

lacraires postérieures paires, on distingue quatre tubercules obtus, ou plutôt quatre protubérances, sur deux séries verticales.

Fasciole péripétale serrant de très près les ambulacres. Fasciole latéral étroit, s'embranchant vers l'extrémité des ambulacres antérieurs pairs et descendant rapidement pour aller passer vers le bas de la face postérieure.

Rapports et différences. Les exemplaires que je viens de décrire se rapportent, dans tous leurs caractères, à la description donnée et au moule en plâtre S. 20. Seulement, en examinant ce dernier, il faut prendre garde que l'original était déformé, ce qui amène des modifications dans la forme des ambulacres, ainsi qu'on le reconnaît fort bien; les ambulacres postérieurs, en particulier, paraissent encore plus petits; la moindre usure produit également ce résultat en nivelant les carènes et en détruisant les pores des extrémités. On le voit distinctement dans un exemplaire très usé, qui a été trouvé avec un autre très frais, et que j'ai fait figurer; il est plus rapproché du moule en plâtre précité que l'autre individu, dans lequel les carènes interambulacraires sont parfaitement intactes. Tous les caractères de ces deux exemplaires sont d'ailleurs identiques. Cette espèce présente tous les caractères des *Schizaster*, je l'ai donc rétablie dans le genre où l'avait d'abord placée Agassiz. Elle est assez voisine, d'apparence, de l'*Hemiaster Scillæ*, Wright, et de l'*Hem. globosus*, Desor, mais, indépendamment d'autres caractères, elle s'en distingue d'emblée par son sillon antérieur bien plus profond et échancrant davantage le bord.

Localité. Mokattan (recueilli par M. Delanoue).

Collection. Muséum de Paris (collection d'Orbigny).

Explication des figures.

Pl. IX. Fig. 3, 3 a, 3 b, 3 c. Schizaster foveatus, de grandeur naturelle, individu bien conservé de forme, mais très usé à sa surface, ce qui a atténué les carènes et tronqué l'extrémité des ambulacres postérieurs.

Fig. 4. Autre exemplaire de la même espèce, de grandeur naturelle, dans lequel les ambulacres postérieurs semblent avoir leur développement normal; ils paraissent plus longs que ceux de l'individu déformé qui a servi de type au moule en plâtre, mais tous les autres caractères coïncident exactement.

Schizaster thebensis, P. de Loriol, 1880.

Pl. IX, fig. 5 et 6.

DIMENSIONS.

Longueur	19 à 27 mm.
Largeur par rapport à la longueur	1,00 à 1,10
Hauteur id. id.	0,75

Forme élargie, suborbiculaire, arrondie et fortement échancrée en cœur en avant, rétrécie et tronquée un peu en retrait en arrière. Face supérieure très déclive en avant et très fortement relevée en arrière. Le point culminant se trouve un peu en arrière du sommet ambulacraire. Face inférieure à peu près plane, renflée seulement sur le plastron ; le sillon antérieur reste encore bien accusé jusqu'au péristome. Pourtour arrondi.

Sommet ambulacraire très excentrique en arrière. Appareil apical enfoncé entre les saillies des aires interambulacraires ; on distingue 4 pores génitaux ; les deux pores de droite sont séparés des deux pores de gauche par un espace relativement fort large. Ambulacres très inégaux. L'antérieur impair, dont je ne vois pas les pores, est logé dans un sillon très large, très profond dès le sommet, échancrant profondément et largement le bord antérieur, et se continuant à la face inférieure jusqu'au péristome. Ambulacres antérieurs pairs longs, arqués en avant, arrondis à l'extrémité, fortement creusés. Zones porifères très larges ; espace interporifère très étroit, bien plus étroit que l'une des zones porifères. Ambulacres postérieurs extrêmement courts, arrondis, peu enfoncés ; leurs zones porifères sont aussi fort larges, et l'espace interporifère bien plus étroit que l'une d'elles. Les aires interambulacraires sont élevées, étroites à leur sommet, où elles forment des carènes arrondies.

Péristome pas très rapproché, relativement, du bord antérieur.

Périprocte ovale, paraissant acuminé aux extrémités, ouvert au sommet de la face postérieure.

Tubercules petits et homogènes à la face supérieure, plus gros et écartés à la face inférieure.

Rapports et différences. Je n'ai vu que peu d'exemplaires de cette petite espèce ; elle est fort distincte des autres par la largeur et la profondeur de son sillon antérieur, qui échancre fortement le pourtour et se continue encore à la face inférieure, comme aussi par ses ambulacres postérieurs très petits et très arrondis, et par sa forme élargie. Elle ressemble un peu, par son sillon antérieur, au *Linthia Moulinsi*, Desor, mais son sillon échancre bien plus fortement le bord, ses ambulacres antérieurs pairs sont plus arqués en avant, tandis que les postérieurs sont plus courts, enfin sa face supérieure est plus relevée en arrière.

Localité. Environs de Thèbes (recueilli par M. Delanoue).

Collection. Muséum de Paris (collection d'Orbigny).

Explication des figures.

Pl. IX. Fig. 5, 5 a . . . Schizaster thebensis, exemplaire de grande taille, de grandeur naturelle, dont le test est tout à fait détruit ; il est déformé en arrière, ce qui le

fait paraître pointu, et lui donne une forme différente de celle de l'original de *fig. 6*.

Fig. 6, 6 a, 6 b. Autre individu de petite taille, un peu incomplet aussi en arrière. Grandeur naturelle.

Macropneustes Ammon, Desor.

Pl. X, fig. 2.

SYNONYMIE.

Macropneustes Ammon, Desor, 1847, in Agassiz et Desor, Catalogue raisonné des Échinides, p. 115.
Id. Desor, 1858, Synopsis des Échinides, p. 411.
Id. L. Lartet, 1872, Géologie de la Palestine, Ann. des Sc. géol., t. III, p. 84.

DIMENSIONS.

Longueur	80 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,90
Hauteur id. id.	0,50

Forme ovale-allongée, arrondie et un peu échancrée en avant, un peu rétrécie en arrière, et tronquée seulement par le périprocte sur sa face postérieure. Face supérieure subhémisphérique, déclive en avant, un peu relevée dans l'aire interambulacraire postérieure impaire, du reste à peu près uniformément convexe. Le point culminant est excentrique en arrière. La face inférieure est très écrasée et enfoncée dans l'exemplaire type, elle paraît avoir été assez plane. Pourtour arrondi, mais non renflé.

Sommet ambulacraire excentrique en avant, situé aux $^{45}/_{100}$ environ de la longueur totale. Appareil apical très peu développé; les pores génitaux sont relativement fort petits. Ambulacre impair composé de pores si ténus qu'on ne les distingue que près du sommet; il est logé dans un sillon nul sur une partie de la face supérieure, s'accentuant peu à peu en approchant du bord, qu'il échancre assez profondément. Ambulacres antérieurs pairs à fleur du test, larges, divergents, relativement fort longs, car ils atteignent presque le bord; ils ont une tendance marquée à s'effiler et à se resserrer à leur extrémité. Les zones porifères sont assez larges et composées de pores ovales, à peu près égaux dans les rangées externes et dans les internes, unis dans chaque paire par un sillon. L'espace interporifère est notablement plus large que l'une des zones porifères. Ambulacres postérieurs plus longs que les antérieurs, moins divergents et un peu plus larges; comme dans les premiers, leurs deux zones porifères ont une longueur égale.

Péristome invisible.

Périprocte placé très bas, très près de la base, dans une sorte d'enfoncement de la face postérieure ; il est un peu pyriforme, acuminé au sommet.

Tubercules de la face supérieure rares et très disséminés, mamelonnés, perforés, crénelés, portés par une base saillante. La surface est en outre couverte de granules fins et inégaux ; vers la face inférieure se trouvent des tubercules plus petits, mais aussi plus serrés et plus homogènes.

Un fasciole très étroit, bien distinct, fait le tour de la face supérieure en touchant les extrémités des ambulacres.

Rapports et différences. Le *Macropneustes Ammon*, dont je viens de décrire l'exemplaire type, moulé par Agassiz (T. 22), ressemble, par sa forme, au *Macr. pulvinatus*, mais il s'en distingue nettement par ses ambulacres bien plus longs, plus larges, non creusés. Le *Macr. Bayli*, Coquand, a aussi des ambulacres fort longs, mais son sillon antérieur est bien plus large, évasé et creusé dès le sommet, et son aire interambulacraire impaire est carénée.

Localités. L'exemplaire type est indiqué « du terrain nummulitique d'Égypte » rapporté par M. Lefebvre. Un autre échantillon très usé, de Gebel Medinet (rapporté par M. Delanoue).

Collection. Muséum de Paris (Galerie zoologique et collection d'Orbigny).

Explication des figures.

Pl. X. Fig. 2, 2 a, 2 b. Macropneustes Ammon, exemplaire de grandeur naturelle, type de l'espèce. La face inférieure étant enfoncée, le pourtour de la base peut bien paraître un peu plus tranchant qu'il n'est réellement.

Macropneustes crassus, Agassiz

Pl. X, fig. 1, 1 a. Pl. XI, fig. 1.

SYNONYMIE.

Macropneustes crassus, Agassiz, 1847, Catalogue raisonné des Échinides, p. 115.
Id. Desor, 1858, Synopsis des Échinides fossiles, p. 411.
Id. L. Lartet, 1872, Géol. de la Palestine, Annales des Sc. géol., t. III, p. 84.

DIMENSIONS.

Longueur	98 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,90
Hauteur id. id.	0,64

Fort grande espèce à peu près régulièrement ovale, échancrée en avant, un peu

tronquée sur la face postérieure. Face supérieure renflée, assez uniformément convexe; le point culminant paraît à peu près central. Face inférieure presque plane, convexe sur les côtés; le plastron est à peine saillant. Pourtour très arrondi.

Sommet ambulacraire excentrique en avant. Je ne vois pas l'appareil apical.

Ambulacre impair dans un sillon large dont on ne voit pas le sommet, mais qui devient assez profond, échancre largement l'ambitus, puis se continue, bien marqué, jusqu'au péristome. Ambulacres antérieurs pairs divergents, un peu arqués en avant, fort longs, atteignant le pourtour, relativement étroits, logés dans des cavités pas très profondes mais largement évasées. Les zones porifères sont larges et égales; l'espace interporifère est à peu près de la même largeur que l'une des zones porifères. Ambulacres postérieurs à peine plus longs que les antérieurs, également creusés, moins divergents.

Péristome très rapproché du bord antérieur; sa lèvre inférieure est très saillante.

Périprocte grand, ovale, acuminé en bas, ouvert à la moitié de la hauteur de la troncature de la face postérieure.

Tubercules rares et très disséminés à la face supérieure, où la surface est en outre couverte de fins granules, avec quelques tubercules beaucoup plus petits que les principaux; à l'ambitus les tubercules sont petits et assez serrés; à la face inférieure ils sont assez rapprochés, plus gros et assez homogènes; les avenues ambulacraires lisses, qui bordent le plastron, sont très larges.

Le fasciole est fort étroit et visible dans peu d'endroits, on peut en conclure cependant qu'il faisait le tour du test, en passant par l'extrémité des ambulacres. Le test est fort épais.

Rapports et différences. L'exemplaire du *Macr. crassus*, que je viens de décrire, est le seul que je connaisse, c'est le même qui a servi de type à Agassiz et qui a été moulé par lui (t. 20). Il n'est pas d'espèce avec laquelle il puisse être confondu.

Localité. Égypte (M. Lefebvre). On le croyait de la formation crétacée, mais les Nummulites qui remplissent sa gangue démontrent facilement à quel niveau il appartient en réalité.

Collection. Muséum de Paris (galeries zoologiques).

Explication des figures.

Pl. X. Fig. 1, 1 a. Pl. XI. Fig. 1. Macropneustes crassus, de grandeur naturelle. Dans cette dernière figure le fasciole est trop large.

Macropneustes Fischeri, P. de Loriol, 1880.

Pl. IX, fig. 10.

DIMENSIONS.

Longueur	57 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,84
Hauteur id. id.	0,41

Forme régulièrement ovale, allongée, arrondie et un peu échancrée en avant, un peu rétrécie en arrière. Face supérieure très déprimée, un peu déclive en avant et légèrement renflée en arrière. Face inférieure inconnue, elle n'a pu être dégagée. Pourtour arrondi.

Sommet ambulacraire pas très excentrique en avant, aux $^{43}/_{100}$ de la longueur. Les 4 pores génitaux sont fort petits et très rapprochés.

Ambulacre impair logé dans un sillon très évasé, très peu accentué, échancrant légèrement le bord. On ne distingue pas les pores. Ambulacres antérieurs pairs très divergents, dirigés en avant, à fleur du test, longs et larges, non fermés. Zones porifères larges, composées d'au moins 30 paires de pores, bien écartés dans chaque paire et conjugués ; l'inférieure est plus arquée que la supérieure. L'espace interporifère est un peu plus large que l'une des zones porifères. Ambulacres postérieurs extrêmement longs, plus longs et un peu moins divergents que les antérieurs, auxquels ils ressemblent d'ailleurs en tous points. Les zones porifères paraissent avoir été un peu déprimées ; elles comptent 37 paires de pores.

Je ne connais pas le péristome.

Périprocte grand, ovale, transverse, tronquant l'extrémité de la face postérieure, qui est fort peu élevée ; au-dessous du périprocte une dépression s'étendait vers la face inférieure.

La granulation est mal conservée, on distingue cependant fort bien des tubercules scrobiculés plus gros que les autres, quoique fort petits, très clairsemés sur les cinq aires interambulacraires. Il y avait en outre d'autres tubercules bien plus petits, également très écartés, et de plus des granules d'une grande finesse.

Çà et là on distingue des fragments du fasciole qui était très marginal.

Quelques-unes des petites soies qui adhéraient aux petits tubercules sont encore conservées, elles sont fort grêles, finement striées, et d'une longueur d'environ 3 ou 4 millimètres.

Rapports et différences. Je ne connais qu'un seul exemplaire de cette espèce, il ne donne pas la face inférieure, mais il est assez bien caractérisé pour devoir être décrit. Elle se distingue facilement des autres espèces du genre par son ensemble déprimé, ses ambulacres très longs et non creusés, et en particulier du *Macropneustes pulvinatus*, et du *Macrop. brissoides* que M. Dames (Vicent. Echiniden, p. 73) a reconnu devoir être rangé dans le genre *Peripneustes* à cause de son fasciole sous-anal. Le *Macr. Bayli*, Coquand, a des ambulacres assez analogues, mais sa forme est plus haute et son sillon antérieur beaucoup plus profond et plus évasé.

Localité. Environs de Thèbes (M. Delanoue).

Collection. Muséum de Paris (collection d'Orbigny).

Explication des figures.

Pl. IX. Fig. 2, 2 a. *Macropneustes Fischeri*, de grandeur naturelle, cet individu a la face inférieure assez enfoncée, ce qu'on peut voir sur le bord, il en résulte que la hauteur générale, surtout en avant, est un peu plus faible qu'elle ne le serait si l'oursin était intact, la hauteur de la face inférieure est telle qu'elle était en réalité.

Macropneustes Lefebvrei, P. de Loriol, 1880.

Pl. IX, fig. 7-9.

DIMENSIONS.

Longueur	18 à 27 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,83 à 0,87
Hauteur id. id.	0,52

Forme ovale-allongée, un peu tronquée et légèrement échancrée en avant, rétrécie et obliquement tronquée en arrière. Face supérieure peu renflée, très uniformément convexe, légèrement relevée dans l'aire interambulacraire impaire. Face inférieure uniformément convexe, sauf sur le plastron, qui est partagé au milieu par une carène très accentuée, et très renflé à son extrémité. La plus grande épaisseur du test se trouve un peu en arrière du bord postérieur. Pourtour très arrondi et assez renflé.

Sommet ambulacraire excentrique en avant, aux $^{35}/_{100}$ de la longueur. Appareil apical peu développé. Les quatre pores génitaux sont très rapprochés et le corps madréporiforme est peu prolongé en arrière.

Ambulacre antérieur impair tout à fait à fleur du test vers le sommet; un peu plus loin il entre dans un léger sillon très évasé qui se déprime peu à peu et s'accentue

davantage sur le pourtour qu'il entame légèrement; il disparaît tout à fait à la face inférieure. On ne voit pas les pores, les plaques seules sont distinctes. Ambulacres antérieurs pairs tout à fait transverses, larges et assez longs, peu effilés, tout à fait à fleur du test. Zones porifères larges, également arquées, ne fermant pas tout à fait l'ambulacre à l'extrémité; chacune est formée de 18 à 19 paires de pores; un sillon relie les deux pores de chaque paire. L'espace interporifère a une largeur à peu près égale à celle de l'une des zones porifères. Ambulacres postérieurs rapprochés, arrondis à leur extrémité, bien plus longs que les antérieurs, auxquels ils sont d'ailleurs semblables. Les zones porifères comptent 24 à 25 paires de pores.

Péristome relativement éloigné du bord, semi-lunaire, bien ouvert, à lèvre inférieure courte.

Périprocte grand, ovale, acuminé au sommet, ouvert au sommet de la face postérieure, qui est très obliquement tronquée; il est donc entièrement visible d'en haut, mais nullement d'en bas.

Tubercules de deux sortes; les uns bien plus développés que les autres, quoique petits, sont légèrement scrobiculés et clairsemés sur les cinq aires interambulacraires, aussi bien sur l'impaire que sur les autres; d'autres tubercules, beaucoup plus petits et non scrobiculés, sont également épars sur toute la surface supérieure, accompagnés d'une très fine granulation. A la face inférieure les tubercules paraissent assez volumineux et très espacés.

On distingue çà et là des traces très certaines d'un fasciole péripétale dont je ne puis que constater l'existence, mais dont je ne connais point le parcours, on voit seulement qu'il est rapproché de l'extrémité des ambulacres.

Rapports et différences. Je ne vois aucune trace d'un fasciole sous-anal, cependant l'état de conservation des individus n'est pas d'une nature telle que je puisse affirmer absolument qu'il n'en existait point. Sa présence ferait rentrer l'espèce dans le genre *Euspatangus*, mais la nature des gros tubercules, qui sont beaucoup plus semblables à ceux des *Macropneustes* qu'à ceux des *Euspatangus*, et le fait qu'ils ne sont pas limités par le fasciole, me font rapporter cette espèce, avec une presque certitude, au genre *Macropneustes*. Je ne connais aucune espèce de ce genre avec laquelle elle puisse être confondue. Elle se distingue, en particulier, du *Macr. minor*, Desor, par sa forme moins large, ses ambulacres à fleur du test et l'absence presque totale d'un sillon antérieur. Elle diffère également du *Macr. subovatus*, Sorignet, par ses ambulacres non enfoncés, et son sommet ambulacraire très excentrique en avant. L'un des exemplaires que je viens d'étudier a été rapporté par M. Lefebvre, et se trouvait étiqueté sous le nom d'*Hemispatangus pendulus* au Muséum de Paris. Je ne sais si cet exemplaire avait été

déterminé sous ce nom par Agassiz, en même temps que le *Spatangus pendulus*, dont le type a été rapporté par le même voyageur, et se trouve décrit plus loin. Dans tous les cas, cet échantillon n'appartient pas à cette espèce, son bord antérieur est échancré au lieu d'être anguleux, sa face postérieure est obliquement tronquée, ses ambulacres postérieurs sont arrondis au lieu d'être pointus; enfin la présence d'un fasciole péripétale, et celle de gros tubercules dans l'aire interambulacraire impaire, l'éloignent tout à fait du genre *Hemispatangus*.

Localités. Nummulitique d'Égypte (rapporté par M. Lefebvre). Environs de Thèbes (rapporté par M. Delanoue).

Collections. Muséum de Paris (galeries de zoologie et collection d'Orbigny).

Explication des figures.

Pl. IX. Fig. 8. . *Macropneustes Lefebvrei*, de grandeur naturelle, exemplaire rapporté par M. Lefebvre, mentionné plus haut.

Fig. 7, 7 a, 7 b, 9, 9 a Autres exemplaires de la même espèce des environs de Thèbes, de grandeur naturelle.

Fig. 9 b. Région ambulacraire grossie.

Hemispatangus pendulus (Agassiz), Desor.

Pl. XI, fig. 7.

SYNONYMIE.

Spatangus pendulus, Agassiz, 1847, Catalogue raisonné des Echinides, p. 114.
Hemispatangus pendulus, Desor, 1858, Synopsis des Échinides fossiles, p. 417.
Id. L. Lartet, 1872, Géologie de la Palestine, Annales des Sc. géol., t. III, p. 81.

DIMENSIONS.

Longueur	37 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,86
Hauteur maximum par rapport à la longueur	0,38

Forme largement ovale, déprimée, nullement échancrée, mais un peu anguleuse en avant, rétrécie en arrière. Face supérieure très plate, légèrement et uniformément convexe, un peu renflée, mais non carénée dans l'aire interambulacraire impaire. Face inférieure presque plane sauf à l'extrémité du plastron qui est très renflée. La plus grande épaisseur de l'oursin se trouve à l'extrémité de la face postérieure. Pourtour arrondi.

Sommet ambulacraire excentrique en avant.

Ambulacre impair tout à fait superficiel, on ne voit aucune trace du sillon antérieur, sa position est pourtant indiquée par deux angles peu accusés sur le pourtour. Ambulacres antérieurs pairs tout à fait transverses ; ils sont courts, mais on ne peut pas dire qu'ils sont *très étroits*, comme Agassiz, dans sa diagnose (loc. cit.). Zones porifères arquées, tout à fait superficielles ; elles se rapprochent à l'extrémité pour fermer l'ambulacre ; elles paraissent avoir 17 à 18 paires de pores. L'espace interporifère est notablement plus large que l'une des zones porifères. Ambulacres postérieurs très longs, beaucoup plus longs que les antérieurs et aussi larges, rapprochés, effilés, pointus et un peu arqués en dehors à leur extrémité. Zones porifères assez flexueuses, surtout les antérieures ; elles comptent au moins 26 paires de pores ; les pores, dans chaque paire, sont unis par un profond sillon. A la face inférieure les plaques ambulacraires sont fort grandes, et les ambulacres postérieurs forment de larges avenues lisses qui diminuent considérablement les dimensions du plastron.

Péristome assez grand, éloigné du bord.

Périprocte très large, pyriforme, acuminé au sommet ; il s'ouvre tout à fait au sommet de l'étroite troncature de la face postérieure, de manière à se trouver presque supérieur, ainsi que l'a fait remarquer Agassiz.

Tubercules peu distincts à la face supérieure ; on en voit quelques-uns assez gros et largement scrobiculés dans les aires interambulacraires paires, mais point sur l'impaire. A la face inférieure les tubercules sont assez gros, non scrobiculés, écartés ; sur le pourtour ils sont bien plus petits, serrés, réguliers et à peu près disposés en séries ; ceux du plastron ne sont pas visibles.

On ne voit aucune trace de fascioles, mais le test n'est pas assez frais pour que l'on puisse affirmer qu'il n'y en avait réellement point.

Rapports et différences. L'exemplaire que je viens de décrire est le même qui a été nommé par Agassiz, et par conséquent le type de l'*Hemispatangus pendulus*, il est bien conservé, sauf quelques cassures qui ne paraissent pas modifier sa forme générale ; sa gangue est une sorte de grès grisâtre dans lequel je n'aperçois pas de Nummulites (il est vrai de dire qu'il n'y a que de petits fragments de roche à découvert). J'ai fait entrer cet oursin dans ma Monographie, bien qu'il provienne du Sinaï, parce qu'il n'a encore jamais été décrit ni figuré. L'étiquette du Musée de Paris porte « individus nommés par M. Agassiz ; » en effet, dans le même carton se trouve un autre échantillon plus grand, mais en très mauvais état et complètement usé ; sa gangue est une roche rougeâtre renfermant beaucoup de petits fragments de corps organisés parmi lesquels je crois reconnaître des Nummulites ; cette gangue est fort différente de celle de l'autre individu. D'après le peu que l'on voit, il me paraît extrê-

mement probable que les deux exemplaires n'appartiennent pas à la même espèce.

Localité. Sinaï (M. Lefebvre).

Collection. Muséum de Paris (galeries zoologiques).

Explication des figures.

Pl. XI. Fig. 7, 7 a, 7 b, 7 c. Hemispatangus pendulus, de grandeur naturelle.

Hemispatangus depressus (Dubois), Desor.

Pl. XI, fig. 6.

SYNONYMIE.

Spatangus depressus, Dubois, 1831, Voyage au Caucase, série géologique, pl. 1, fig. 16 (sine descr.).
Id. Agassiz et Desor, 1848, Catalogue raisonné des Échinides, p. 114.
Hemispatangus depressus, Desor, 1858, Synopsis des Échinides, p. 417.
Id. L. Lartet, 1872, Géologie de la Palestine, Ann. des Sc. géol., t. III, p. 84.

DIMENSIONS.

Longueur	23 mm.
Largeur par rapport à la longueur	1,00
Épaisseur maximum par rapport à la longueur	0,48

Forme suborbiculaire, échancrée en avant, un peu rétrécie en arrière, et tronquée verticalement sur la face postérieure. Face supérieure peu élevée, déprimée, uniformément convexe, un peu renflée dans l'aire interambulacraire impaire qui n'est point carénée. Face inférieure mal conservée; le plastron était très renflé à son extrémité. Pourtour arrondi.

Sommet ambulacraire très excentrique en avant, situé aux $^{39}/_{100}$ de la longueur.

Ambulacre impair dans un sillon très large, à peine indiqué à la face supérieure, mais échancrant un peu le bord. Ambulacres antérieurs pairs transverses, pas très longs, très peu arqués, étroits, grêles, à fleur du test, fermés et acuminés à leur extrémité. Zones porifères légèrement déprimées; espace interporifère un peu moins large que l'une des zones porifères. Ambulacres postérieurs moins divergents que les antérieurs, mais notablement plus longs et aussi plus larges, tout à fait droits, fermés et arrondis à leur extrémité. Zones porifères larges, non déprimées; espace interporifère plus large que l'une des zones porifères.

Le péristome paraît assez éloigné du bord, mais je n'ai pas pu le dégager complètement.

Périprocte ovale, longitudinal, grand, acuminé, occupant presque toute la troncature de la face postérieure.

Gros tubercules saillants, scrobiculés, petits mais cependant bien apparents, non sériés, nombreux, épars sur les quatre aires interambulacraires paires ; ils descendent jusqu'au pourtour. D'autres tubercules beaucoup plus petits et très dispersés, non scrobiculés, ainsi qu'une granulation d'une grande finesse, occupent le reste de la surface à la face supérieure.

On ne distingue aucune trace de fasciole limitant les gros tubercules.

Rapports et différences. Cette espèce est encore mal connue. Dubois a donné une figure de son type, sans description. Je n'ai pas vu l'individu du Sinaï, cité par Agassiz dans le Catalogue raisonné des Échinides. L'exemplaire que je rapporte à l'espèce, par ses ambulacres antérieurs transverses, plus courts et plus grêles que les postérieurs, ses tubercules petits, mais bien apparents, descendant jusqu'au pourtour, et, du reste, par tous ses caractères, se rapproche trop étroitement de la figure donnée par Dubois pour que je puisse l'en séparer. Il se distingue bien de l'*Hemisp. pendulus* par ses ambulacres antérieurs relativement plus étroits, ses ambulacres postérieurs moins larges aussi, et arrondis à leur extrémité. Il diffère de l'*Hemisp. grignonensis* par son aire interambulacraire impaire non carénée, par ses ambulacres et par son sillon antérieur non caréné de chaque côté.

Localité. Environs de Thèbes (recueilli par M. Delanoue).

Collection. Muséum de Paris (collection d'Orbigny).

Explication des figures.

Pl. XI. Fig. 6, 6 a, 6 b, 6 c. Hemispatangus depressus, exemplaire un peu déformé, de grandeur naturelle. Les ambulacres postérieurs sont, en réalité, plus larges et un peu plus longs. La face inférieure (*6 b*) est en mauvais état, et je ne suis pas bien sûr que le péristome ne soit pas dévié de sa position naturelle.

Euspatangus formosus, P. de Loriol.

Pl. XI, fig. 2-4.

SYNONYMIE.

Euspatangus formosus, P. de Loriol, 1863, Descr. de deux Échinides nummul. d'Égypte (Mém. Soc. de Physique et d'Hist. nat. de Genève, t. XVII, 1re part.), p. 4, pl. 1, fig. 1.

Id. Fraas, 1867, Geologisches aus dem Orient, p. 270 (Würtemb. naturw. Jahreshefte, 1867).

Id. L. Lartet, 1872, Géologie de la Palestine, Ann. des Sc. géolog., t. III, p. 84.

DIMENSIONS.

Longueur	50 à 77 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,81 à 0,87
Hauteur maximum par rapport à la longueur	0,33 à 0,39

Forme déprimée, largement ovale, échancrée en avant mais peu profondément, rétrécie et légèrement tronquée en arrière. Face supérieure peu élevée, uniformément convexe, un peu renflée toutefois en arrière dans l'aire interambulacraire impaire, vers le milieu de laquelle se trouve le point culminant. Une carène, parfois assez prononcée, limite de chaque côté le sillon antérieur, une seconde, moins apparente, se voit encore un peu plus en arrière; ces deux carènes, qui marquent chacune un angle au pourtour, sont bien plus prononcées dans certains individus que dans d'autres. Face inférieure légèrement convexe, renflée en arrière sur le plastron, et un peu déprimée autour du péristome. (Dans ma précédente description, loc. cit., j'ai dit que « la face inférieure est profondément évidée autour du péristome, » c'était une erreur motivée par une cassure et un enfoncement de mon unique échantillon.) Pourtour très arrondi.

Sommet ambulacraire excentrique en avant, aux $^{65}/_{100}$ de la longueur totale. Appareil apical très peu étendu. Les quatre pores génitaux sont relativement petits et très rapprochés les uns des autres. Le corps madréporiforme, attenant par une étroite languette au pore antérieur de droite, s'allonge, s'élargit et se développe un peu en forme de poire en arrière des pores postérieurs.

Ambulacre antérieur impair composé de pores très petits, disposés par paires uniques sur chacune des plaques ambulacraires, qui sont assez grandes; il est logé dans un sillon large, nul au sommet, s'évasant et s'approfondissant près du bord qu'il échancre largement, mais peu profondément, et disparaissant tout à fait à la face inférieure. Une carène, plus ou moins accentuée, limite le sillon de chaque côté. Ambulacres antérieurs pairs très divergents, larges, et forts longs, puisqu'ils arrivent presque à l'ambitus; ils s'arquent un peu en avant vers leur extrémité qui est presque fermée. Zones porifères tout à fait à fleur du test, pas très larges, composées de 34 paires de pores dans les grands individus; les paires, dont les pores internes sont ronds, tandis que les externes sont pyriformes, se trouvent logées dans des sillons relativement très profonds. Les zones antérieures sont plus arquées sur leur parcours que les zones postérieures. Espace interporifère légèrement renflé, parfois un peu plus large que les deux zones porifères réunies, d'autres fois moins large. Ambulacres postérieurs semblables aux antérieurs pairs, mais beaucoup moins divergents et plus longs (40 paires de pores au lieu de 34). A la face inférieure les plaques ambulacraires deviennent singulièrement grandes et forment des avenues très larges, couvertes seulement

d'une granulation microscopique, sur lesquelles on distingue des pores simples, très écartés, très petits, mais placés dans une excavation isolée, ce qui les rend assez apparents.

Péristome relativement écarté du bord antérieur, semi-lunaire, à lèvre inférieure saillante. Quelques pores simples, assez apparents, ouverts au bord d'une sorte de scrobicule entouré d'un sillon, forment autour du péristome cinq doubles rangées fort courtes qui correspondent aux cinq ambulacres.

Périprocte largement ovale dans le sens de la longueur, acuminé aux deux extrémités; il occupe presque toute l'étroite troncature, assez rentrante, de la face postérieure.

Les aires interambulacraires paires sont ornées, à la face supérieure, de gros tubercules perforés et crénelés, entourés d'un scrobicule très profond; ils sont disposés en séries onduleuses, dont le nombre augmente naturellement avec la taille des individus. Tout le reste de la surface est couvert de tubercules beaucoup plus petits, peu apparents, inégaux, écartés et de granules d'une grande finesse. A la face inférieure les tubercules sont assez volumineux, uniformes, assez serrés, soit au pourtour, soit sur le plastron qui est extrêmement exigu, à cause des larges avenues ambulacraires dont il a été parlé.

Fasciole péripétale très étroit, touchant les extrémités des ambulacres pairs, peu onduleux, limitant exactement les gros tubercules, s'avançant en avant jusque sur le pourtour et, en arrière, jusqu'à une faible distance du périprocte. Fasciole sous-anal formant un anneau étroit; l'espace qu'il entoure est très tuberculeux, et, de chaque côté, sur son bord interne, s'ouvrent 5 ou 6 paires de pores.

Plusieurs exemplaires de cette remarquable espèce étant maintenant entre mes mains, j'ai pu compléter ma première description, en quelques points, et constater aussi la grande constance de ses caractères spécifiques. Je n'ai guère de modifications à signaler; la taille varie un peu, le premier exemplaire décrit est le plus grand que j'aie vu, les autres diminuent graduellement jusqu'au plus petit, à moi connu, qui n'a plus que 50^{mm} de longueur. Tous les caractères de ce dernier exemplaire sont exactement identiques à ceux du type, seulement, dans les ambulacres pairs, la largeur de l'espace interporifère est bien plus faible relativement à celle des zones porifères, comme j'ai aussi observé, dans d'autres exemplaires, quelques modifications semblables, quoique beaucoup moins accentuées, cette différence unique ne m'a point paru suffisante pour motiver une séparation spécifique.

Rapports et différences. L'*Euspatangus formosus*, par l'ensemble de ses caractères, et, en particulier, par la longueur extrême de ses ambulacres, et la grande

extension de la surface limitée par son fasciole péripétale, se distingue facilement de ses congénères.

Localités. Mokattan près du Caire (MM. Delanoue, Fraas, Husson, Cramer). Ouadi-el-Tih près du Caire (M. Cramer).

Collections. Musée de Paris, Musée de Stuttgart, P. de Loriol.

Explication des figures.

Pl. XI. Fig. 2 . . . *Euspatangus formosus*, type déjà figuré de l'espèce.
Fig. 3, 3 a. Autre exemplaire du Muséum de Paris.
Fig. 4 . . . Individu de petite taille, à ambulacres plus étroits, recueilli par M. Cramer à Ouadi-el-Tih.
Fig. 4 a . . Appareil apical du même, grossi.
Ces figures, sauf *fig. 4 a*, sont de grandeur naturelle.

Euspatangus Cotteaui, P. de Loriol, 1880.

Pl. XI, fig. 8-10.

DIMENSIONS.

Longueur	35 à 50 mm.
Largeur par rapport à la longueur	0,79 à 0,81
Hauteur id. id.	0,50 à 0,51

Forme allongée, ovale, tronquée et échancrée en avant, tronquée et rétrécie en arrière. Face supérieure presque plane, un peu relevée dans l'aire interambulacraire impaire; on distingue un méplat très peu accentué près du sillon antérieur. Face inférieure très renflée sur le plastron, ce qui rend le test bien plus renflé dans la région postérieure que dans l'antérieure, et le point culminant se trouve tout près du bord postérieur. Le plastron, qui est fort étroit, se trouve partagé par une carène assez prononcée qui se termine, bien avant l'extrémité, par deux petites protubérances, une à droite et une à gauche. Pourtour très arrondi.

Sommet ambulacraire très excentrique en avant, aux $^{38}/_{100}$ de la longueur. Quatre pores génitaux très petits et très rapprochés.

Ambulacre antérieur impair composé de pores tellement petits qu'on a de la peine à les voir avec le secours d'une loupe; il est logé dans un sillon large, très peu profond, et même presque nul au sommet, mais qui s'accentue en approchant du bord qu'il finit par échancrer assez largement; il se continue, en s'effaçant presque tout à fait, jusqu'au péristome. Ambulacres antérieurs pairs presque transverses, larges, courts,

très effilés et arqués en avant à leur extrémité où les zones porifères se réunissent. Ils sont logés dans des excavations assez profondes et bien définies, qui s'effacent promptement, de sorte que l'extrémité des ambulacres se trouve à fleur du test. Les zones porifères sont composées de 17 à 18 paires de pores; l'espace interporifère est un peu plus large que l'une des zones porifères. Ambulacres postérieurs bien plus longs que les antérieurs, point divergents, au contraire fort rapprochés, un peu arqués en dehors et tout à fait fermés à leur extrémité. Ils sont, comme les antérieurs, logés dans des cavités assez profondes et bien définies; leurs zones porifères comptent au moins 26 paires de pores. A la face inférieure, les ambulacres postérieurs se continuent jusqu'au péristome par des pores très écartés et presque imperceptibles. Les plaques ambulacraires, singulièrement grandes, forment des avenues très larges et tout à fait lisses.

Péristome pas très rapproché du bord antérieur, sa lèvre inférieure est très saillante.

Périprocte très large, très ouvert, pyriforme, acuminé à l'extrémité supérieure. Comme la face postérieure est tronquée un peu obliquement, il est visible d'en haut, mais point d'en bas. Il surmonte une sorte d'area à peu près dépourvue de tubercules, et limitée, de chaque côté, par deux ou trois protubérances obtuses.

Tubercules de deux sortes, les uns plus gros, plus saillants, assez largement scrobiculés, sont épars en dedans du fasciole péripétale; d'autres, beaucoup plus petits, serrés, homogènes, couvrent le reste de la face supérieure et le pourtour; ils sont plus volumineux et plus écartés à la face inférieure, et sur le plastron, qui se trouve très réduit par les larges avenues ambulacraires. On distingue, en outre, des granules d'une finesse extrême.

Fasciole péripétale étroit, peu apparent, serrant de près l'extrémité des ambulacres, mais ne rentrant pas dans les aires interambulacraires; en somme, il est très peu anguleux. Le fasciole sous-anal est à peu près semi-lunaire et il fait un profond sinus au-dessous du périprocte en passant sur les protubérances.

Rapports et différences. L'espèce intéressante que je viens de décrire, et dont j'ai plusieurs exemplaires sous les yeux, se distingue facilement de ses congénères par ses ambulacres pairs logés dans des sillons nettement excavés ; ce caractère même lui donne un facies très particulier. Toutefois, comme tous ses autres caractères, et en particulier ceux des ambulacres et des fascioles, sont parfaitement ceux du genre *Euspatangus*, je n'ai pas balancé à le lui rapporter, ne pouvant voir un caractère générique dans le seul fait que les ambulacres sont excavés. L'*Euspatangus Cotteaui* se rapproche certainement des *Brissopatagus*, Cotteau, mais ses ambulacres sont simple-

ment excavés, et, en avant des antérieurs, ne se trouve point cette dépression large si particulière à ce dernier genre ; en outre le sillon antérieur est bien différent, les gros tubercules des *Brissopatagus* ne paraissent pas toujours limités par le fasciole péripétale, et ils ne semblent pas avoir eu un fasciole sous-anal.

Localité. Environs de Thèbes (recueilli par M. Delanoue).

Collection. Muséum de Paris (collection d'Orbigny).

Explication des figures.

Pl. XI. Fig. 8 . . . . *Euspatangus Cotteaui*, exemplaire vu sur la face supérieure.
Fig. 9 . . . . Autre individu vu sur la face inférieure.
Fig. 10, 10 a. Autre individu vu de côté et sur la face postérieure.
Ces figures sont de grandeur naturelle.

Euspatangus tuberosus, Fraas.

Pl. XI, fig. 5.

SYNONYMIE.

Euspatangus tuberosus, Fraas, 1867, Geologisches aus dem Orient. Würtemb. naturw. Jahreshefte, p. 279, pl. 6, fig. 8.
Id. L. Lartet, 1872, Géologie de la Palestine, Ann. des Sc. géol., t. III, p. 84.

Je ne connais qu'un seul fragment de cette espèce qui devait être fort remarquable, c'est le même déjà décrit par M. Fraas qui a bien voulu me le confier. On ne voit qu'une partie d'un ambulacre qui me paraît être l'antérieur pair de gauche ; il n'était relativement pas très large, son extrémité est très effilée et fermée. Les zones porifères sont étroites, presque pas arquées, et composées de paires de pores serrées, un sillon profond unit les deux pores de chaque paire. L'espace interporifère était plus large que les deux zones porifères réunies. Les aires interambulacraires paires sont couvertes de gros tubercules entourés d'un scrobicule très profond ; ils sont très rapprochés, très nombreux, et forment plusieurs séries qui paraissent avoir été très régulières, principalement dans les aires antérieures. Un autre fragment, replié au-dessous du premier, montre que les quatre aires interambulacraires paires portaient de semblables tubercules.

L'échantillon devait être de grande taille. L'espèce est rapportée par analogie au genre *Euspatangus*, mais on ne connaît pas ses fascioles.

Rapports et différences. Aucune des espèces décrites jusqu'ici ne se rapproche de celle à laquelle appartient ce fragment, sauf, peut-être, le *Breynia vicentina*, Dames ;

il pourrait bien aussi appartenir à une espèce de ce genre, mais en attendant de nouveaux documents le mieux est de conserver le nom imposé par M. Fraas.

Localité. Ouadi-el-Tih près du Caire (M. Fraas).

Collection. Musée de Stuttgart.

Explication des figures.

Pl. XI. Fig. 5. Fragment de l'*Euspatangus tuberosus*, de grandeur naturelle.

RÉSUMÉ

Le tableau ci-dessous donne l'énumération des espèces d'Échinides des couches nummulitiques d'Égypte qui viennent d'être décrites.

Porocidaris Schmidelii, Desor.
Orthopsis Ruppelii (Desor), P. de Loriol.
Micropsis Mokattanensis, Cotteau.
Micropsis Fraasi, P. de Loriol.
Sismondia Logotheti, Fraas.
Sismondia Seemanni, P. de Loriol.
Echinocyamus Luciani, P. de Loriol.
Conoclypeus conoideus (Leske), Agassiz.
Conoclypeus Delanouei, P. de Loriol.
Amblypygus dilatatus, Agassiz.
Rhynchopygus Navillei, P. de Loriol.
Rhynchopygus thebensis, P. de Loriol.
Echinolampas africanus, P. de Loriol.
Echinolampas Fraasi, P. de Loriol.
Echinolampas Osiris (Desor), P. de Loriol.
Echinolampas Perrieri, P. de Loriol.
Echinolampas amygdala, Desor.
Echinolampas globulus, Laube.
Echinolampas Crameri, P. de Loriol.
Hemiaster Pellati, Cotteau.
Hemiaster Archiaci, P. de Loriol.
Brissopsis angusta, Desor.
Agassizia gibberula (Cotteau), Michelin.
Linthia cavernosa, P. de Loriol.
Linthia Delanouei, P. de Loriol.
Linthia latisulcata, Desor.
Linthia Navillei, P. de Loriol.
Linthia arizensis (d'Archiac), Cotteau.
Schizaster africanus, P. de Loriol.
Schizaster Zitteli, P. de Loriol.
Schizaster Gaudryi, P. de Loriol.
Schizaster foveatus, Agassiz.
Schizaster thebensis, P. de Loriol.
Macropneustes Ammon, Desor.
Macropneustes crassus, Desor.
Macropneustes Fischeri, P. de Loriol.
Macropneustes Lefeburei, P. de Loriol.
Hemispatangus depressus, Dubois.
Hemispatangus pendulus (Agassiz), Desor.
Euspatangus formosus, P. de Loriol.
Euspatangus Cotteaui, P. de Loriol.
Euspatangus tuberosus, Fraas.

Si l'on jette un coup d'œil sur l'ensemble de cette faune échinitique, on est surpris, dès l'abord, du nombre très faible des espèces d'Échinides réguliers, ou endocycliques qu'elle renferme. Quatre seulement sur quarante-deux espèces, ou un dixième, c'est une proportion fort peu considérable. Dans la liste des Échinides des mers actuelles que M. Al. Agassiz a donnée en 1874, sur 206 espèces il y a 112 espèces d'Échinides réguliers, soit plus de la moitié, et, dans la faune actuelle de la Méditerranée, qui compte 18 espèces d'Échinides, il y en a 9 qui appartiennent aux Échinides réguliers, soit également la moitié. Du reste, cette proportion est toujours assez faible, quoique à des degrés différents, dans les faunes nummulitiques les mieux étudiées; ainsi elle est de 23 espèces sur 93 dans celle des Pyrénées, soit le quart, de 7 sur 34 dans celle du canton de Schwytz, soit le cinquième.

Parmi les quatre espèces d'Échinides réguliers éocènes de l'Égypte, il faut citer le *Porocidaris Schmidelii;* j'ai décrit et fait figurer un test complet, le premier connu, de cette belle et intéressante espèce, dont les radioles et les plaques isolées du test se rencontrent dans un bon nombre de gisements nummulitiques.

Cinq espèces appartiennent aux Échinides exocycliques gnathostomes, parmi lesquels il faut créer maintenant, ainsi que M. Zittel l'a démontré le premier, une nouvelle famille, pour le genre *Conoclypeus*, compris jusqu'ici dans la famille des *Cassidulidées*, et qui possède un appareil masticatoire extrêmement complet. La famille des Cassidulidées compte 10 espèces, et les *Echinolampas* sont au premier rang, comme d'habitude dans les faunes nummulitiques, pour l'abondance des individus et le nombre des espèces. Quelques-unes de ces dernières se font remarquer par leur grande taille, leurs larges ambulacres, leur ressemblance avec les *Conoclypeus*, dont les distingue de suite la présence d'un phyllode et la structure de leur péristome, qui montre que l'animal n'avait point de mâchoires. M. Bell vient de proposer, pour une espèce censée provenir des mers actuelles, un nouveau genre *Paleolampas*, auquel devraient se

rattacher ces grandes espèces fossiles; j'ai montré qu'il n'y avait pas de caractères suffisants pour les séparer des *Echinolampas*.

Il n'y a pas moins de 24 espèces qui se rattachent à la famille des *Spatangidées*. Toutes appartiennent à des genres déjà connus, cinq sont des *Linthia*, cinq des *Schizaster*, quatre des *Macropneustes*. Une espèce d'*Agassizia* était déjà connue, mais on la croyait provenir des dépôts récents de la mer Rouge; il est maintenant prouvé, par les découvertes des derniers voyageurs, qu'elle se trouve dans les couches éocènes des environs du Caire.

Tels sont les caractères zoologiques principaux de cette faune échinitique remarquable. Il me reste à examiner ses rapports avec les autres faunes nummulitiques, et à indiquer les conclusions que l'on peut en tirer, relativement à l'âge des couches qui la renferment.

Ce qui frappe tout d'abord, c'est le caractère extrêmement spécial que présente cette faune. Sur les 42 espèces qu'elle comprend maintenant, il n'en est que huit qui aient été citées dans d'autres gisements, toutes les autres sont spéciales à l'Égypte.

Sur ces huit espèces, il en est quatre :

Porocidaris Schmidelii — *Amblypygus dilatatus*
Conoclypeus conoideus — *Echinolampas globulus*

qui se retrouvent dans le gisement de San-Giovanni-Ilarione, dans le Vicentin, c'est-à-dire dans la partie inférieure de la formation nummulitique de cette région. C'est aussi le niveau des couches nummulitiques du canton de Schwytz.

Trois espèces :

Hemiaster Pellati — *Schizaster foveatus*
Linthia arizensis

se retrouvent dans les couches nummulitiques des Pyrénées, à un niveau qui paraît identique.

Enfin, le type d'une dernière espèce, l'*Hemispatangus depressus*, Du-

bois, a été trouvé en Crimée, dans des couches qui renferment aussi l'*Echinolampas subcylindricus*, Desor, que l'on trouve à San-Giovanni-Illarione, comme aussi dans le canton de Schwytz.

C'est donc à ce dernier horizon, qui correspond au calcaire grossier du bassin de Paris, que les documents peu nombreux fournis par les Échinides, doivent faire rapporter les couches nummulitiques d'Égypte, celles du Mokattan près du Caire, en particulier, dans lesquelles M. Fraas a cru reconnaître plusieurs subdivisions, dont les supérieures toutefois ne paraissent pas plus récentes que le calcaire grossier.

L'étude des environs de Thèbes avait amené Delanoue et d'Archiac à des résultats à peu près analogues[1]. Ils ont reconnu, dans les couches nummulitiques de cette région, six étages, dont le supérieur, le n° 1, renferme l'*Ostrea flabellula*, fossile caractéristique du calcaire grossier, et le n° 2, un bon nombre des Échinides que j'ai décrits dans cette Monographie. Ces deux étages correspondraient au calcaire grossier des environs de Paris, et, par conséquent, aux couches du Vicentin que j'ai indiquées. Plus bas, le cinquième étage, très fossilifère, renferme en abondance l'*Aturia zigzag*, fossile caractéristique de l'argile de Londres, c'est-à-dire de l'éocène le plus inférieur. J'ai décrit un petit *Hemiaster* de cette couche, que d'Archiac rapportait à l'*Hem. Bowerbanki*, mais qui, en réalité, en est différent. L'étage tertiaire le plus inférieur, le sixième, repose sur les grès de Lybie, qui sont crétacés.

Dans un beau mémoire, paru tout récemment, sur la géologie du désert de Lybie, M. Zittel considère les couches du Mokattan comme appartenant bien au nummulitique inférieur, mais, au-dessous, il a reconnu des couches éocènes plus anciennes, qu'il nomme *couches lybiques*, et qui prennent, vers le sud, une grande extension. Ces couches lybiques seraient, d'après M. Zittel, spéciales à l'Afrique; elles doivent être, me

[1] Delanoue, Note sur la constitution géologique des environs de Thèbes, et d'Archiac, Remarques sur les fossiles des environs de Thèbes, Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 1868, vol. LXVII, p. 701 et suivantes.

paraît-il, les mêmes que celles que d'Archiac rapportait déjà à l'argile de Londres, à cause de la présence de l'*Aturia zigzag*, et elles commenceraient à l'étage trois de Delanoue, qui fournit les grandes espèces d'Acéphales, rapportées aux Lucines, lesquelles se retrouvent également dans les couches lybiques. M. Zittel, du reste, se réserve de donner, dans un mémoire subséquent, de nombreux détails sur les couches nummulitiques qu'il a étudiées en Égypte et en Nubie, ainsi que la description de leur faune. Cet ouvrage jettera sans doute un grand jour sur la question de leur parallélisme. L'étude des mollusques qu'elles renferment n'est encore qu'ébauchée, lorsqu'elle sera faite, elle fournira sans doute de précieux points de repère, qui deviendront toujours plus fixes et toujours plus nombreux. Toutefois, pour les Mollusques, comme pour les Échinides, il est probable que cette faune nummulitique de l'Égypte et de la Lybie conservera toujours son caractère spécial, qui la rend fort remarquable.

NOTES SUPPLÉMENTAIRES

Il faut ajouter à la synonymie de l'*Euspatangus formosus*, l'*Euspatangus multituberculatus*, Dames, 1877, Die Echiniden der Vicentinischen Tertiär-Ablagerungen, p. 76, pl. 6, fig. 4. Bien que la figure de cette espèce eût souvent passé sous mes yeux, ce rapprochement ne m'avait pas frappé. Après le tirage de la feuille contenant la description de l'*E. formosus*, j'ai eu l'occasion d'examiner un exemplaire du Mokattan, communiqué par M. Zittel, le seul qui soit parvenu à ma connaissance avec la face inférieure parfaitement conservée; j'ai observé alors le petit triangle granuleux, si particulier, unissant le plastron au péristome, formé par une pièce supplémentaire spéciale, que M. Dames a très bien décrit. Dès lors je constatai l'analogie, puis la parfaite identité des deux espèces. C'est donc une cinquième espèce, et une espèce importante, à ajouter à la petite liste de celles qui sont communes entre le Mokattan et San-Giovanni-Ilarione.

Dans la figure 1 *d*, pl. IX, les pores externes paraissent trop gros, en dehors du pore lui-même se trouve une dépression assez profonde, mais qui n'est point une perforation.

Dans la figure 10 *a*, pl. XI, l'area anale ne doit pas être excavée.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES ESPÈCES

(N.B. — Les synonymes sont imprimés en caractères ordinaires.)

	Pages
Agassizia gibberula, Cotteau	107
Amblypygus dilatatus, Agassiz	84
Brissopsis angusta, Desor	105
Cidarites Schmidelii, Münster	61
Cidaris serrata, d'Archiac	61
Clypeaster conoideus, Leske	80
Clypeaster Bouei, Münster	80
Clypeus conoideus, Leske	80
Conoclypeus conoideus, Agassiz	80
Conoclypeus Delanouei, P. de Loriol	82
Conoclypeus Leymerianus, Cotteau	80
Conoclypeus Osiris, Desor	93
Diadema Ruppelii, Desor	66
Echinocyamus Luciani, P. de Loriol	74
Echinolampas africanus, P. de Loriol	90
Echinolampas Agassizi, Dubois	80
Echinolampas amygdala, Desor	96
Echinolampas amygdala, Fraas	100
Echinolampas Crameri, P. de Loriol	100
Echinolampas Escheri, Fraas	98
Echinolampas Fraasi, P. de Loriol	92
Echinolampas globulus, Laube	98
Echinolampas inflatus, Laube	98
Echinolampas Osiris, P. de Loriol	93
Echinolampas Perrieri, P. de Loriol	95
Echinolampas Studeri, Fraas	84
Euspatangus Cotteaui, P. de Loriol	139
Euspatangus formosus, P. de Loriol	136
Euspatangus multituberculatus, Dames	146
Euspatangus tuberosus, Fraas	141
Hemiaster Archiaci, P. de Loriol	104
Hemiaster arizensis, d'Archiac	116
Hemiaster Bowerbanki, d'Archiac	104
Hemiaster foveatus, Desor	123
Hemiaster gibberulus, Michelin	107
Hemiaster latisulcatus, Desor	113
Hemiaster Pellati, Cotteau	102
Hemispatangus depressus, Desor	135
Hemispatangus pendulus, Desor	133
Linthia arizensis, Cotteau	116
Linthia cavernosa, P. de Loriol	111
Linthia Delanouei, P. de Loriol	109
Linthia latisulcata, Desor	113
Linthia Navillei, P. de Loriol	114
Linthia ybergensis, P. de Loriol	112
Macropneustes Ammon, Desor	127
Macropneustes crassus, Agassiz	128
Macropneustes Fischeri, P. de Loriol	130
Macropneustes Lefebvrei, P. de Loriol	131
Micropsis Fraasi, P. de Loriol	68
Micropsis mokattanensis, Cotteau	69
Orthopsis Ruppelii, P. de Loriol	66
Periaster arizensis, Cotteau	116
Periaster latisulcatus, Desor	113
Periaster subglobosus, Fraas	107
Porocidaris Schmidelii, Desor	61

	Pages
Porocidaris serrata, Desor	61
Porocidaris veronensis, Merian	61
Pseudodiadema Ruppelii, Desor	66
Pseudodiadema Ruppelii, Fraas	68
Rhynchopygus Navillei, P. de Loriol	85
Rhynchopygus thebensis, P. de Loriol	87
Schizaster africanus, P. de Loriol	117
Schizaster foveatus, Agassiz	123
Schizaster Gaudryi, P. de Loriol	120
Schizaster thebensis, P. de Loriol	125
Schizaster Zitteli, P. de Loriol	122
Sismondia Logotheti, Fraas	71
Sismondia Seemanni, P. de Loriol	73
Spatangus depressus, Dubois	135
Spatangus pendulus, Agassiz	133

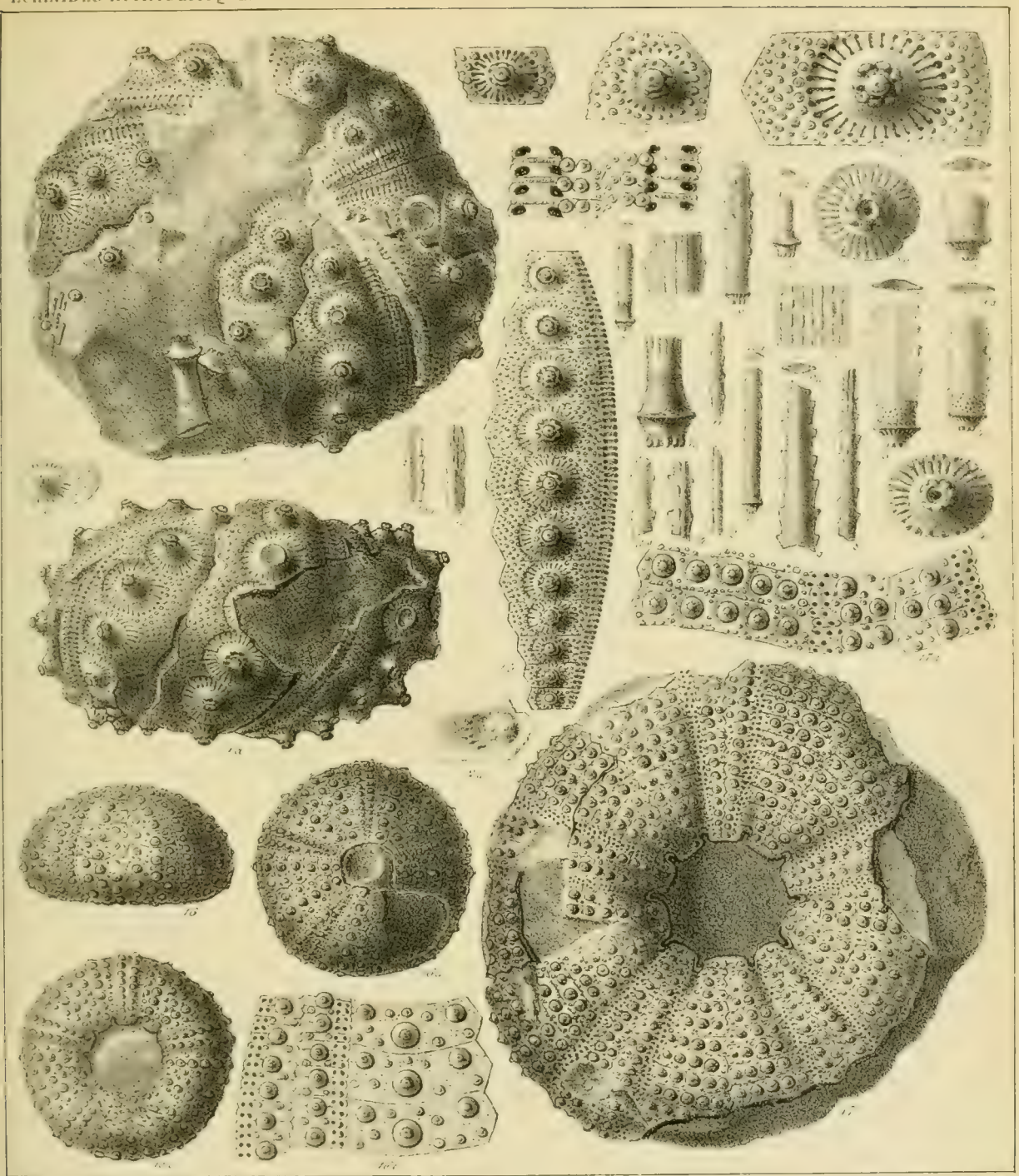


Fig. 1_15. Porocidaris Schmidelii (Münster) Desor. *Fig. 16._ *Orthopsis Ruppelii (Desor) P. de Loriol*

*Fig. 17._ *Micropsis Fraasi, P. de Loriol*

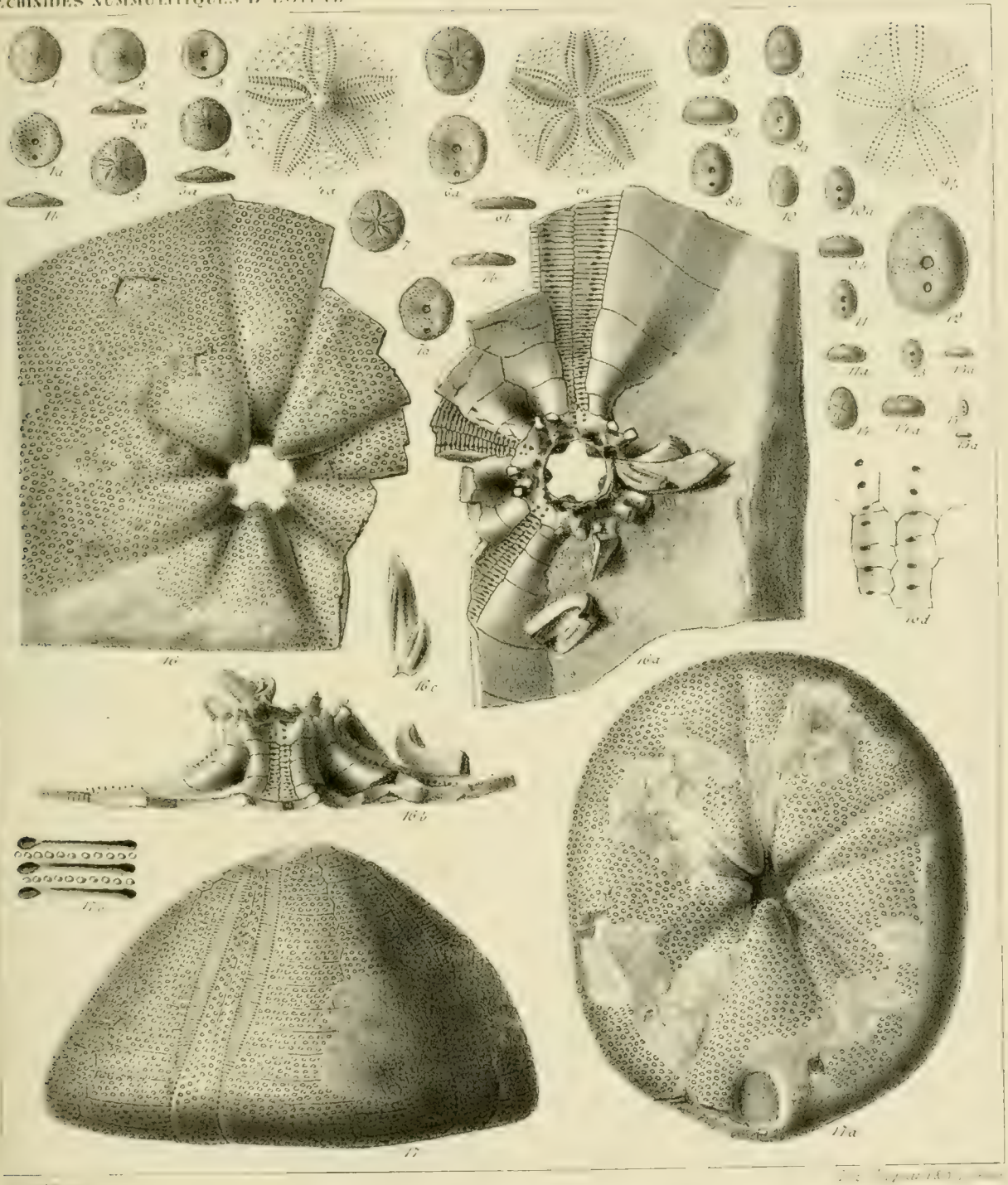


Fig 1 5 Sismondia Logolhetti, Fraas
Fig 6_7. Sismondia Saemanni, P de Loriol
Fig 8 15 Echinocyamus Luciani, P de Loriol
Fig. 16_ Conoclypeus conoideus, Ag
Fig. 17 _ Conoclypeus Delanouei, P de Loriol

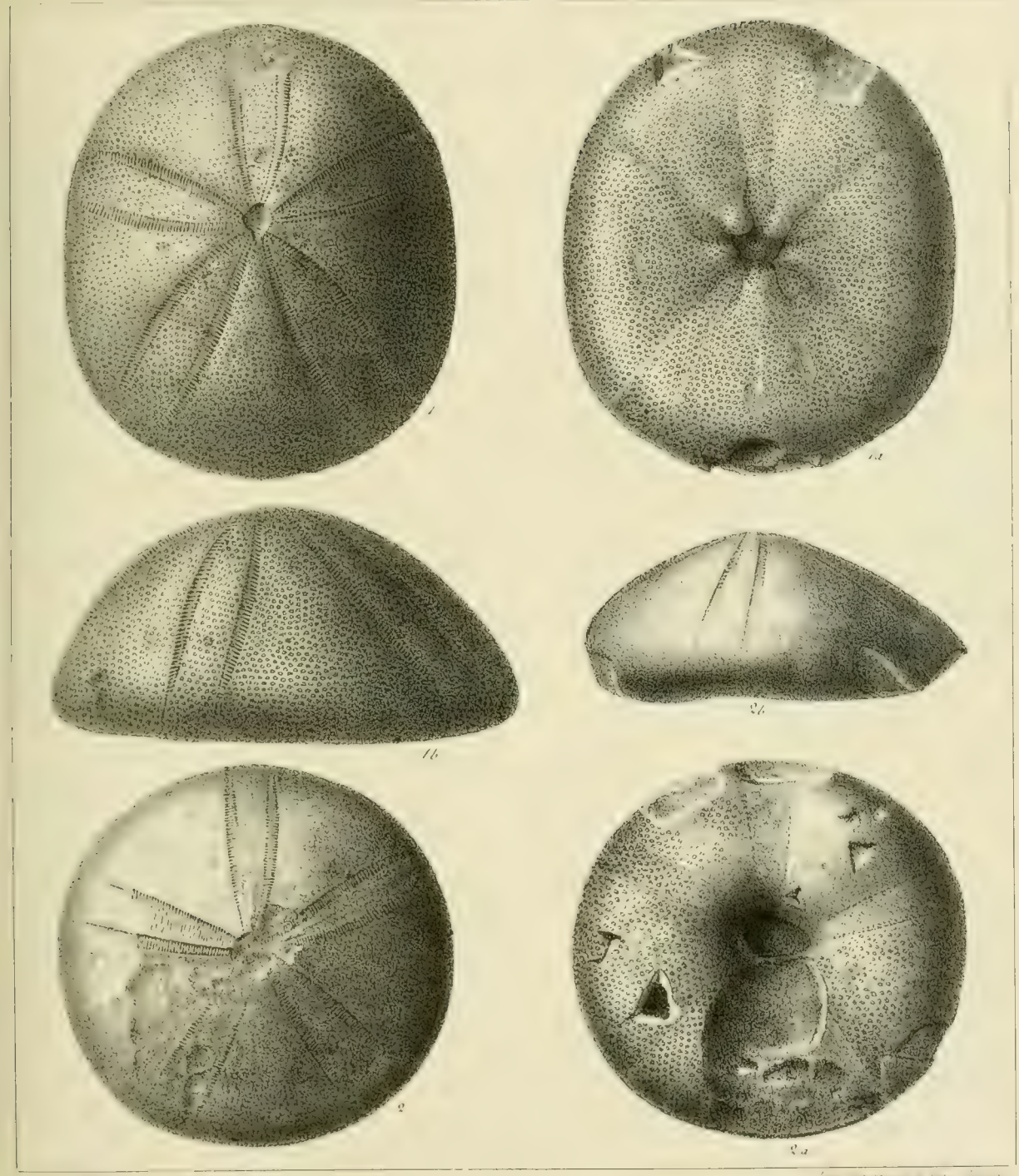


Fig. 1. — *Echinolampas africanus.* — *P. de Loriol*
Fig. 2. — *Amblypygus dilatatus.* — *Agassiz*

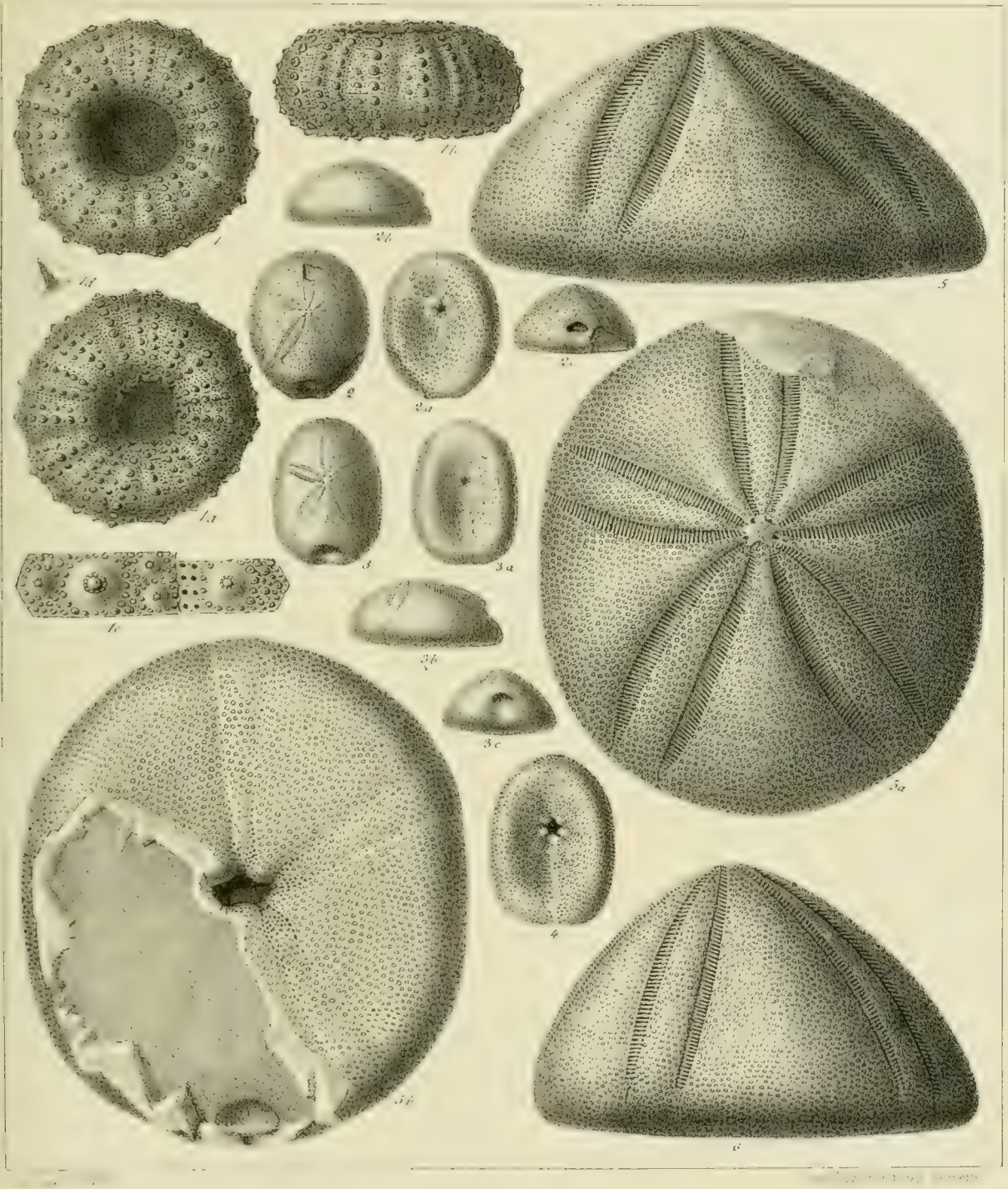


Fig 1 _ Micropsis mokattanensis _ Colleau. *Fig. 2 _ Rhychopygus Naville P. de Loriol*

Fig 3-4 _ Rhynchopygus thebensis _ P. de Loriol

Fig. 5-6 _ Echinolampas africanus _ P. de Loriol

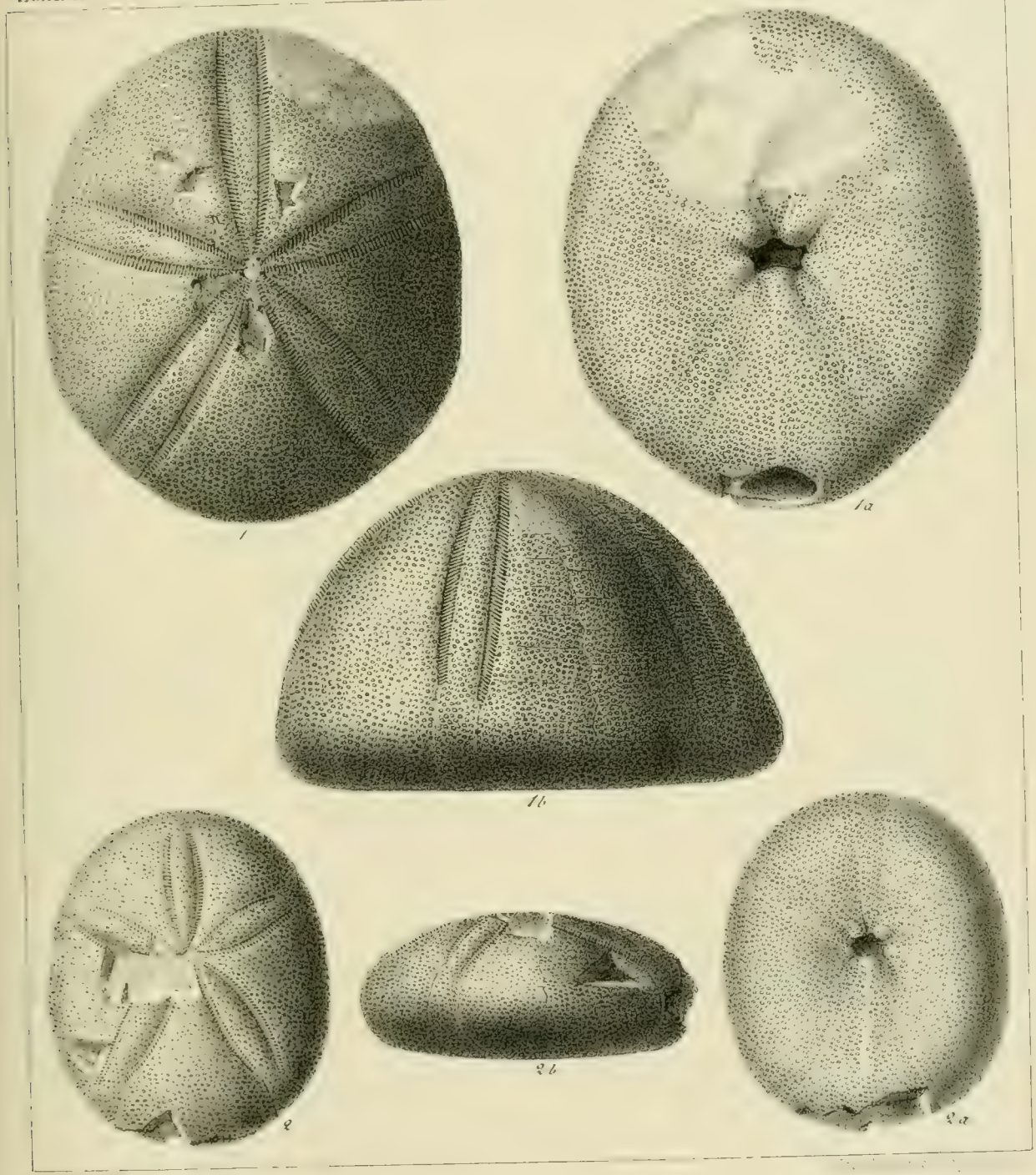


Fig.1 – Echinolampas Fraasi – P. de Loriol
Fig 2 – Echinolampas Perrieri – P. de Loriol

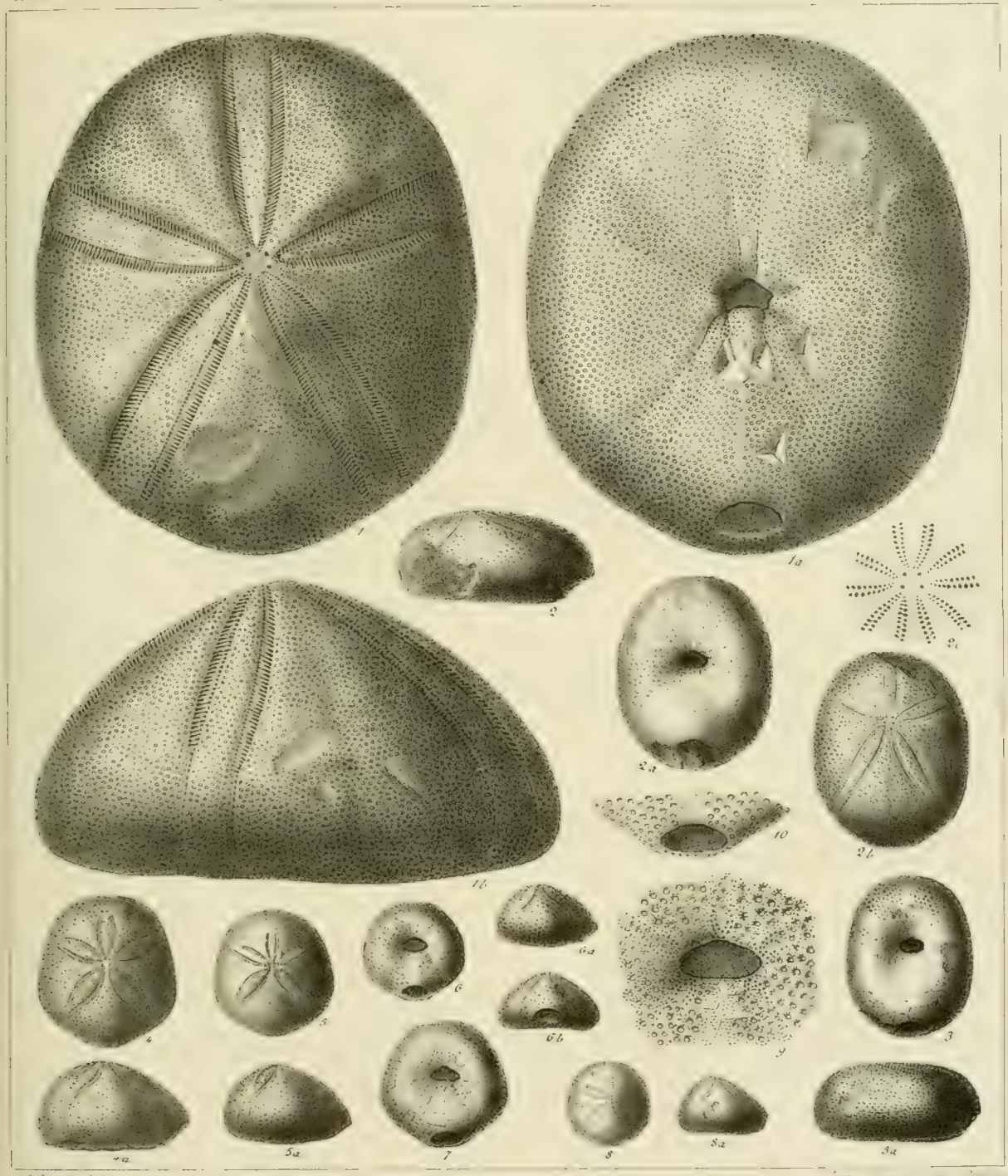


Fig 1.– Echinolampas Osiris, Agassiz

Fig 2-3.– Echinolampas Amygdala, Desor.

Fig 3-4.– Echinolampas Grameri. P.de Loriol

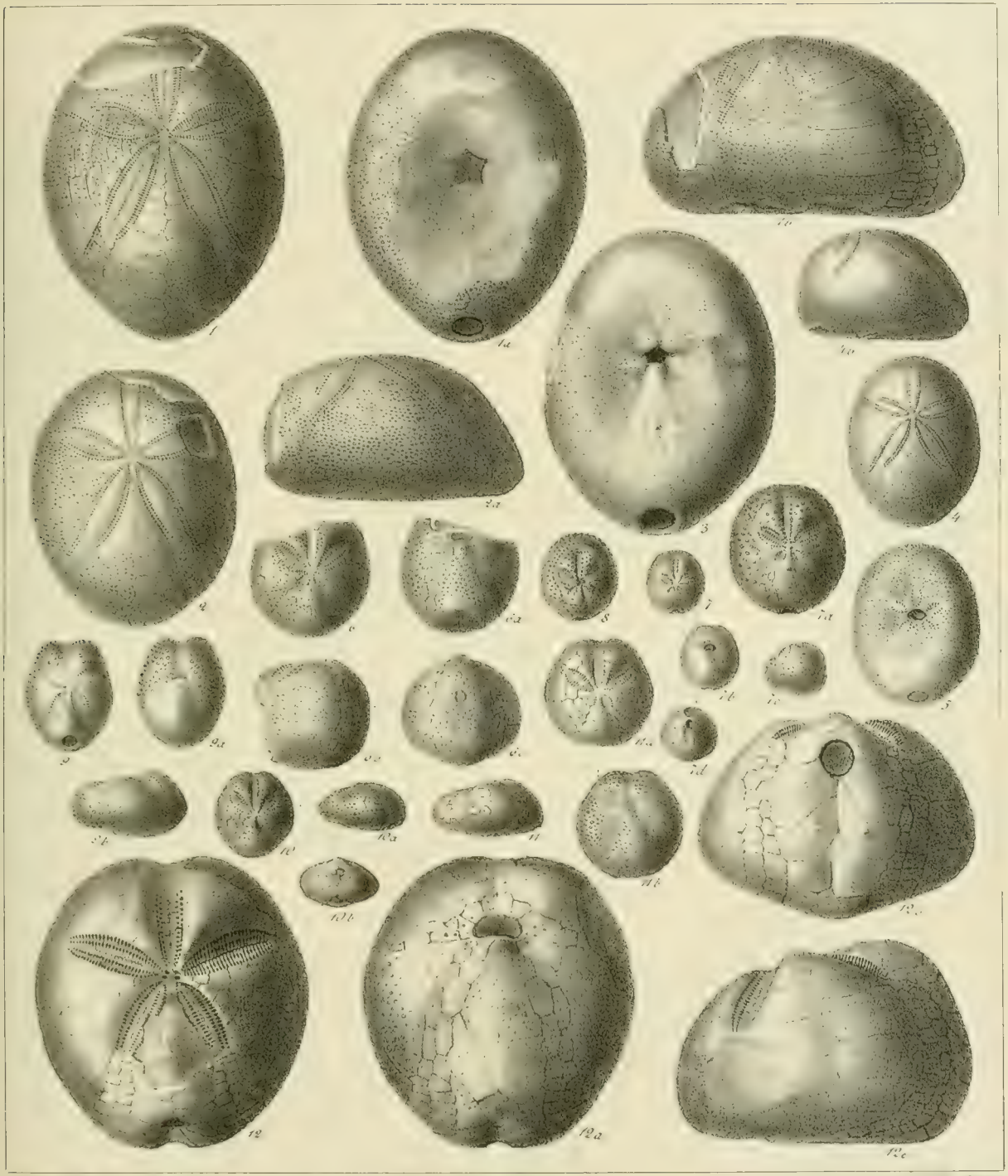
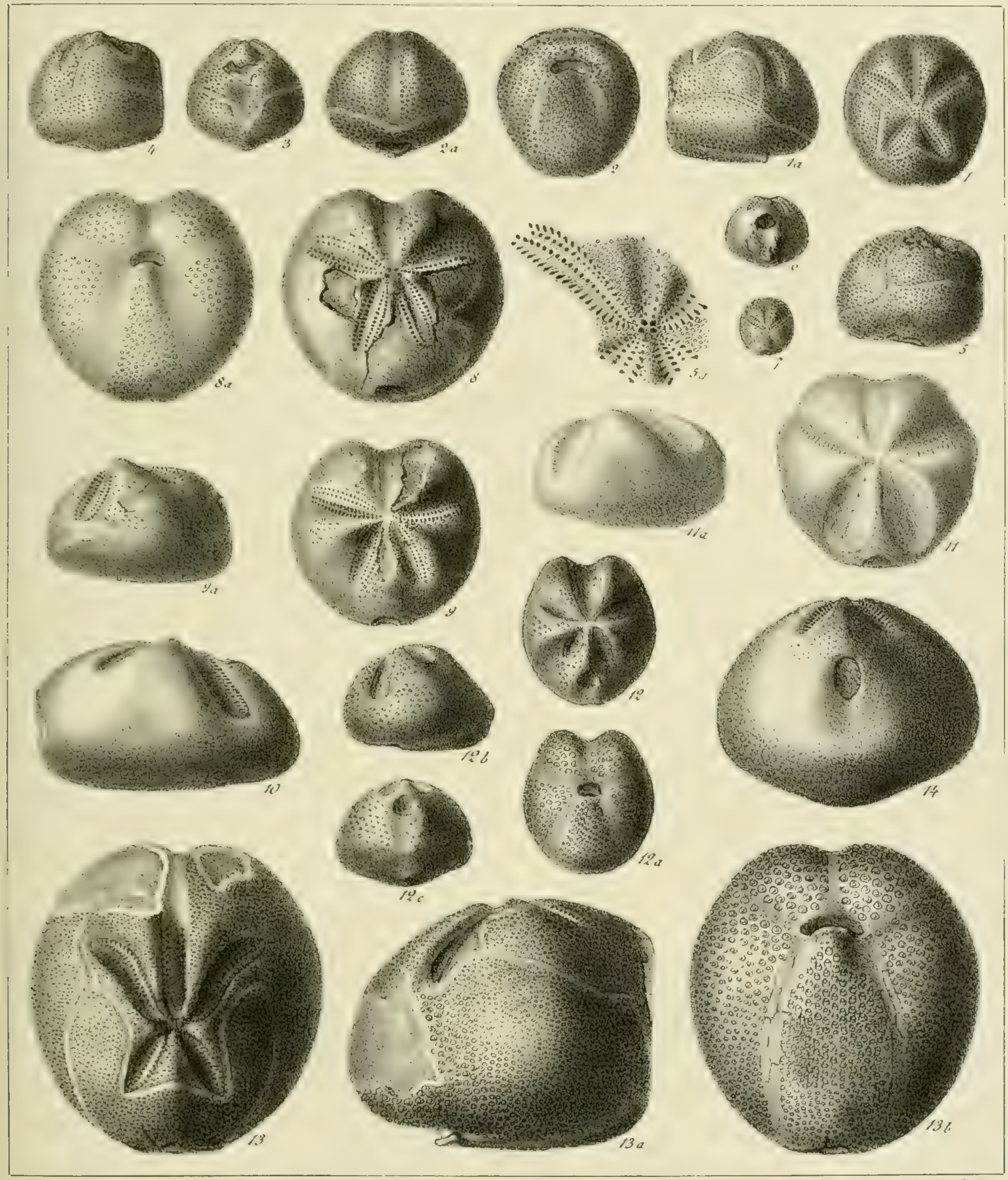
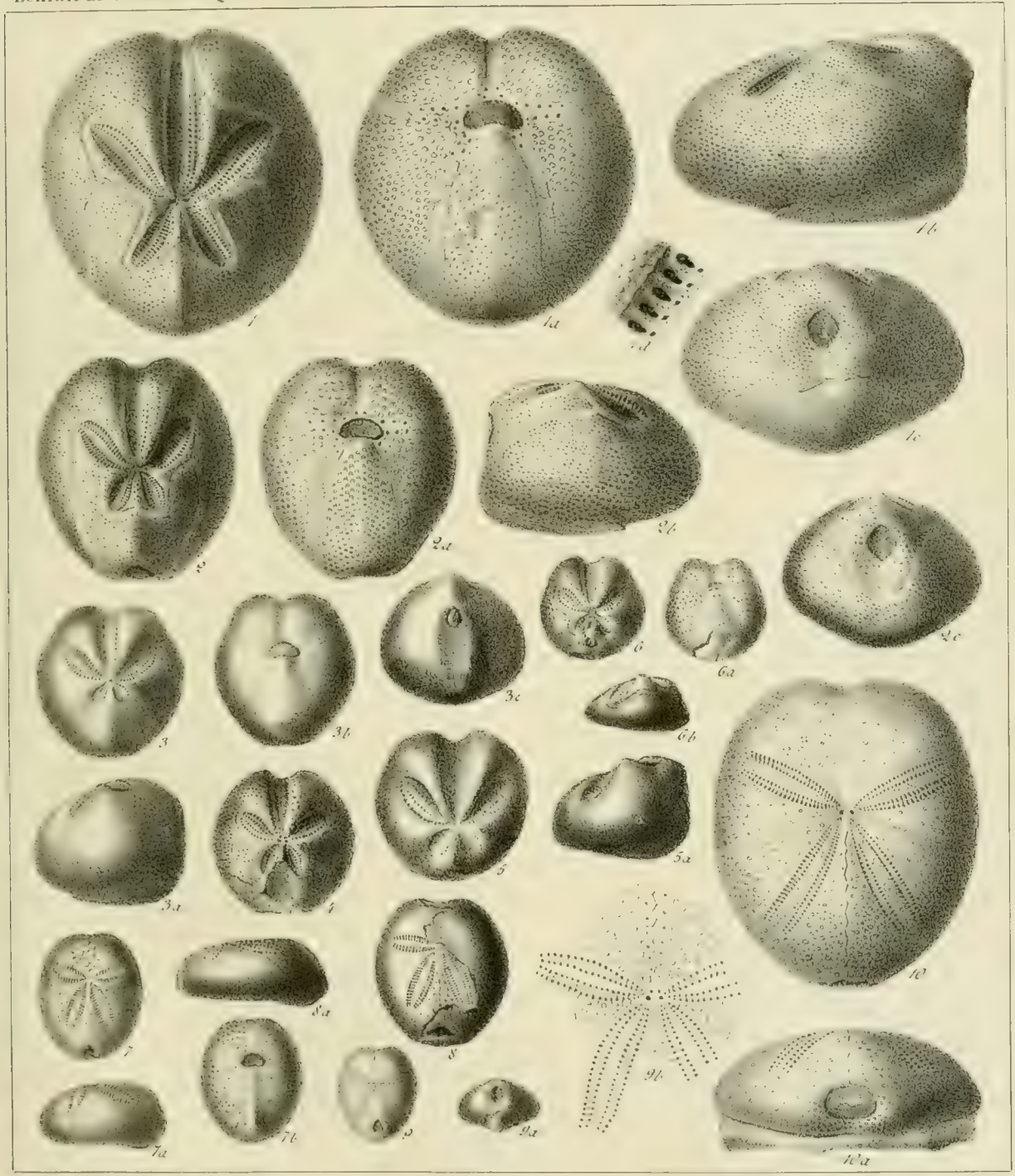


Fig. 1_5. Echinolampas globulus, Laube
Fig. 6_ Hemiaster Pellati, Colleau
Fig. 7_8. Hemiaster Archiaci, P. de Loriol
Fig. 9_ Brissopsis angusta, Desor
Fig. 10_11. Linthia arizensis, Colleau
Fig. 12_ Linthia Delanouei, P. de Loriol



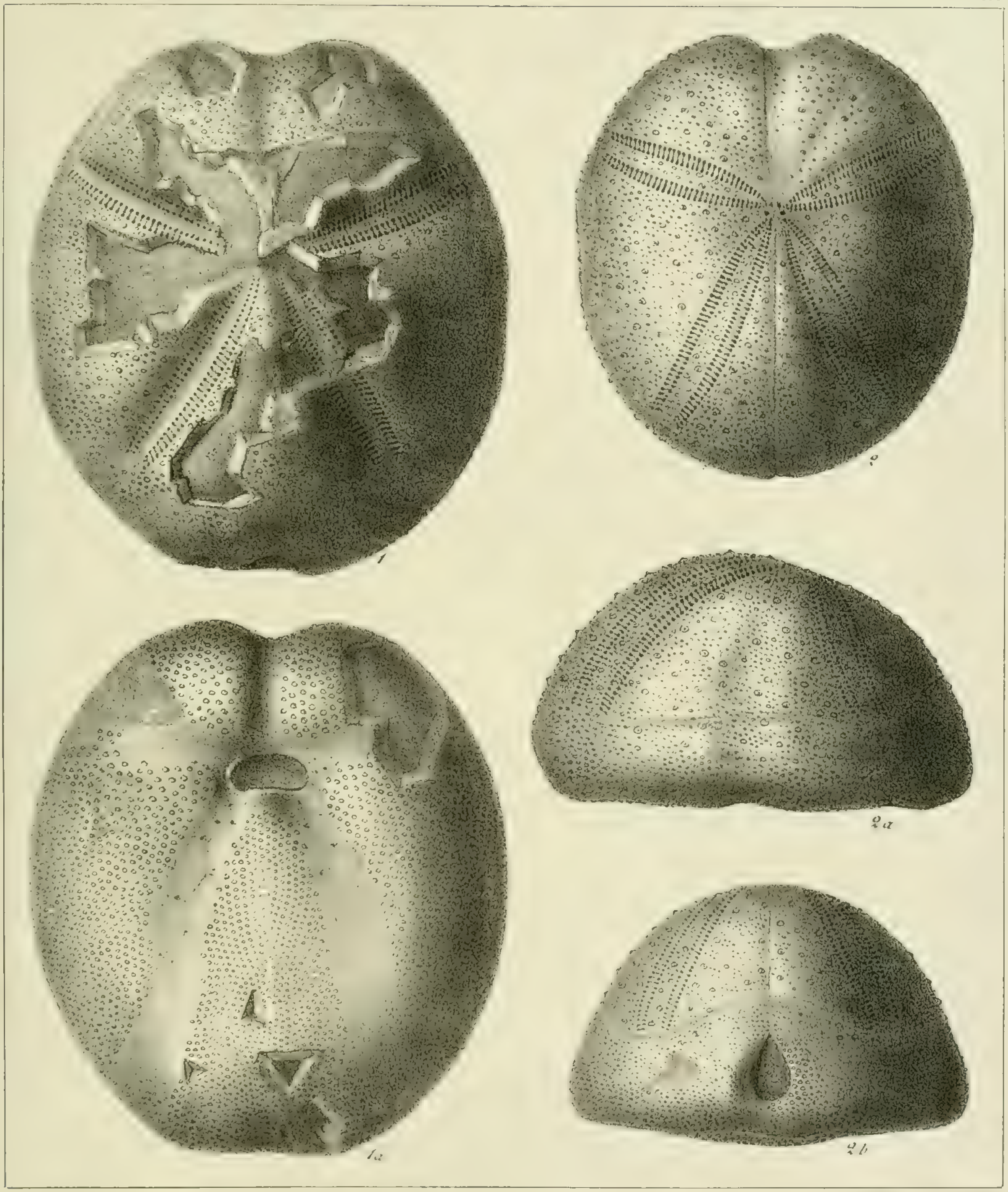
A. Lunel lith. Imp. Cougnard & Rey, G...

Fig. 1_7. Agassizia gibberula, Cotteau.
Fig. 8_10. Linthia cavernosa, P. de Loriol.
Fig. 11_ Linthia latisulcata, Desor.
Fig. 12_ Linthia Navillei, P. de Loriol
Fig. 13_14. Schizaster africanus, P. de Loriol.



A. Lunel, lith

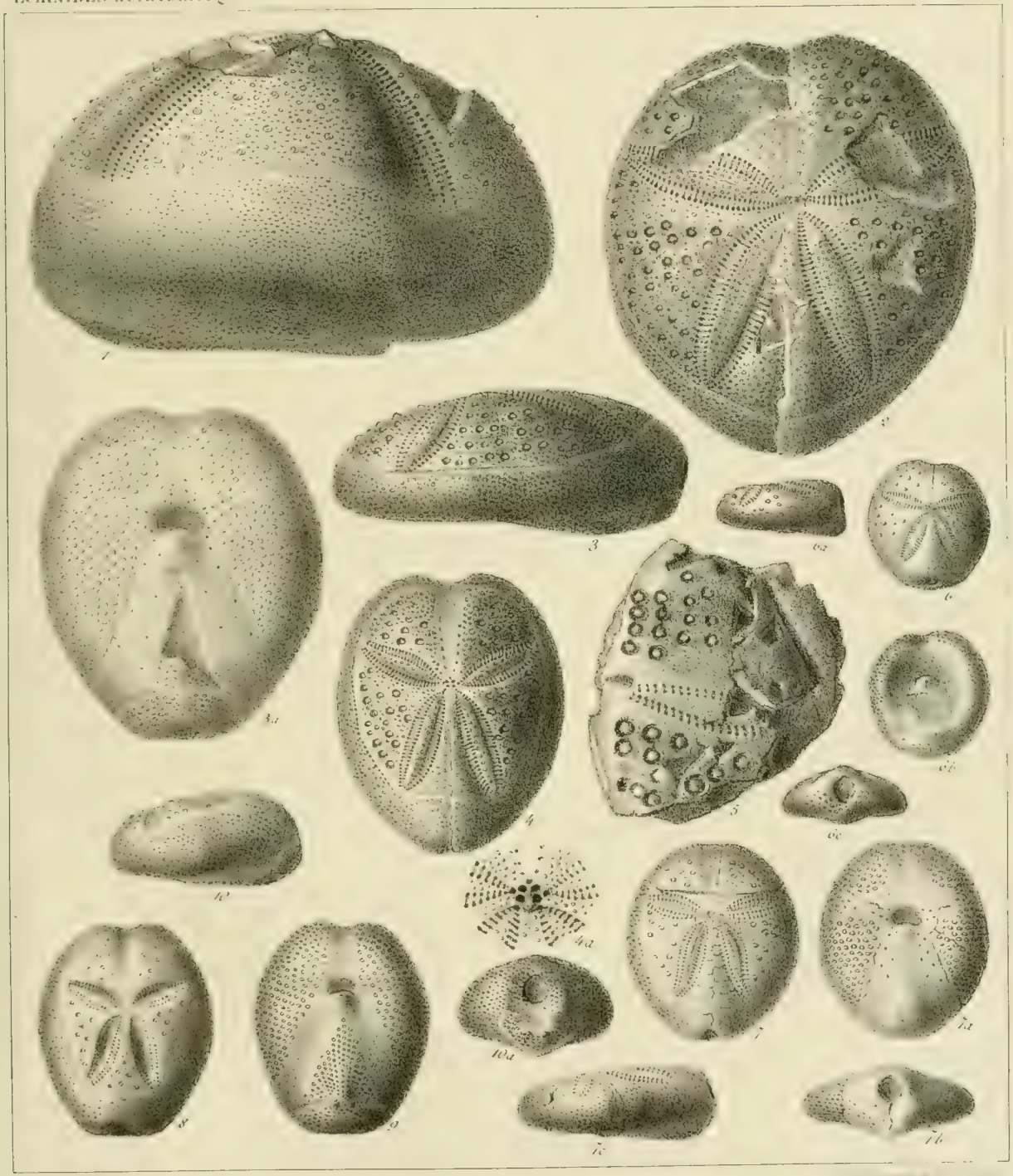
Fig. 1_ Schizaster Gaudryi P. de Loriol
Fig. 2_ Schizaster Zitteli, P. de Loriol
Fig. 3-4. Schizaster foveatus, Agassiz
Fig. 5_6 Schizaster thebensis, P. de Loriol
Fig. 7_9. Macropneustes Lefebvrei, P. de Loriol
Fig. 10_ Macropneustes Fischeri, P. de Loriol



A. Lunel, lith. Imp. [illegible] rd & Key [illegible]

Fig. 1.– Macropneustes crassus, Desor.

Fig. 2.– Macropneustes Ammon, Desor.



A. Lunel, lith.

Fig 1 _ Macropneustes crassus, Desor.
Fig. 2_4 Euspatangus formosus, P. de Loriol
Fig. 5 _ Euspatangus tuberosus, Fraas
Fig 6 _ Hemispatangus depressus, Dubois
Fig 7 Hemispatangus pendulus Desor
Fig. 8_10 Euspatangus Colleaui, P. de Loriol

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE

DE GENÈVE

TOME XXVII. — SECONDE PARTIE

GENÈVE
IMPRIMERIE CHARLES SCHUCHARDT
RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

1881

RAPPORT

DU

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE

ET

D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

POUR

L'ANNÉE 1880

PAR

M. Philippe PLANTAMOUR

Messieurs,

En remettant la présidence à mon successeur, je dois, suivant l'usage, vous présenter une revue des différents objets qui ont rempli les séances de la Société pendant l'année. Dans ce but, je retracerai en premier lieu ce qui concerne l'administration et le personnel de la Société et je terminerai par une analyse rapide de ses travaux scientifiques.

PERSONNEL DE LA SOCIÉTÉ

M. Henri de Saussure a été appelé à remplir, pendant l'année 1880, les fonctions de vice-président et celles de président pour 1881.

M. Edouard Sarasin a été renommé, pour trois ans, secrétaire des séances. Le comité de publication, avec les nouveaux membres, s'est trouvé composé du bureau, MM. Ph. Plantamour, H. de Saussure, A. Humbert, col. E. Gautier, Ed. Sarasin et de MM. Marignac, Schiff, de Loriol et Micheli. Il a fait paraître la première partie du tome XXVII de nos Mémoires, contenant un travail de M. le pasteur Duby, sur des mousses exotiques nouvelles ou peu connues, un mémoire de M. le prof. C. Cellérier, sur un nouveau mode de discussion de la propagation du mouvement dans un milieu élastique et une monographie des Échinides des couches nummulitiques de l'Égypte, par M. P. de Loriol.

M. Charles Soret et M. le Dr Auguste Wartmann ont été élus membres ordinaires. A l'occasion de la réunion à Genève, en 1879, de l'Association géodésique internationale, la Société a nommé membres honoraires, MM. le général Baeyer, directeur de l'Institut géodésique de Prusse, le général Ibanez, directeur de l'Institut géographique et statistique de Madrid, Faye, membre de l'Institut et du Bureau des longitudes de Paris, Yvon-Villarceau, membre de l'Institut et du Bureau des longitudes de Paris, le général Mayo, directeur du Bureau topographique militaire à Florence, le prof. Bruhns, directeur de l'Observatoire de Leipzig, le prof. Dr Peters, directeur de l'Observatoire de Kiel, le colonel Adan, directeur du Bureau topographique de Bruxelles et le prof. Oppholzer, de Vienne. Elle a nommé, en outre, membres honoraires, MM. le prof. Friedel, de l'Institut de Paris et le prof. Alex. Agassiz, à Cambridge, États-Unis.

M. le prof. Dor, domicilié actuellement à Lyon et qui était membre ordinaire, a été, sur sa demande, classé dans les membres émérites. Nous avons eu la douleur de perdre un associé libre, M. le colonel Edmond Favre.

A peine entré dans notre Société comme membre honoraire, M. le Dr et prof. Peters nous a été enlevé par une mort subite. M. Peters avait succédé à M. Schumacher à Altona, comme rédacteur des *Astronomischen*

Nachrichten et avait été transféré à Kiel comme directeur de l'Observatoire après la guerre danoise.

Nous avons perdu, en outre, un autre membre honoraire, M. Achille Guénée, entomologiste à Châteaudun.

Enfin, j'ai encore à vous entretenir de la perte très regrettable qu'a faite la Société en la personne d'un de ses membres ordinaires, M. le prof. de la Harpe.

Louis-Henri de la Harpe, né à Bordeaux, le 13 janvier 1809, était d'origine vaudoise par son père qui était le cousin-germain de F.-César de la Harpe, le précepteur de l'empereur Alexandre Ier. Très bien doué, il lisait couramment à l'âge de neuf ans le Nouveau Testament en grec et en latin; il apprenait en même temps l'allemand et l'anglais qu'il posséda plus tard complètement. Après quelques années passées en Écosse pour compléter son instruction et où il prit, en 1828, le grade de maître ès-arts, en même temps qu'il remporta le premier prix de philosophie naturelle, il se rendit, en 1829, à Montauban pour faire des études de théologie. Ces dernières brillamment terminées par la soutenance de sa thèse sur l'authenticité de l'Épître aux Hébreux, qui lui valut le grade de bachelier en théologie, il vint à Genève, en 1832, s'asseoir sur les bancs de l'École de théologie libre, où il se distingua par son assiduité et l'excellent exemple qu'il donnait à ses condisciples. Il se livra en outre pendant ce séjour à une étude approfondie du syriaque et de l'hébreu. Rentré ensuite dans sa famille à Bordeaux, il s'occupa d'évangélisation avec le zèle qu'il apportait à tout ce qu'il faisait. Sa vocation s'affirmant de plus en plus, il se rendit, en 1837, à Orléans où il reçut la consécration au Saint-Ministère, lorsqu'un appel lui fut adressé de Genève pour l'enseignement, dans l'École de théologie libre, de l'exégèse et de la critique sacrée de l'Ancien Testament, auquel vint bientôt s'ajouter celui de l'hébreu.

M. de la Harpe se fixa dès lors définitivement à Genève qui devint sa seconde patrie et où il occupa ces chaires pendant environ 43 ans,

c'est-à-dire jusqu'à sa mort, le 30 octobre dernier. En 1850, il épousa Mademoiselle Hay, la fille d'un ancien gouverneur du Canada et s'établit peu de temps après aux Contamines, dans une maison de campagne qu'il s'était bâtie et où il jouît d'un bonheur conjugal parfait jusqu'à sa fin. A peu près à l'époque de son établissement aux Contamines, il reçut les plus brillantes propositions d'Angleterre, d'Écosse et de Paris, mais il les refusa toutes et tel était son désintéressement, qu'à partir de ce moment, il donna gratuitement tout son temps et ses peines à sa chère École de théologie, n'en réservant que le nécessaire pour établir à ses frais et diriger, avec une grande sollicitude, une École d'enfants aux Eaux-Vives.

M. de la Harpe avait une prodigieuse facilité de travail, une mémoire étonnante et des connaissances très étendues; ces dernières lui permirent de trouver un délassement à ces nombreuses occupations, de professeur de théologie et de prédicateur, dans la poursuite de problèmes de mathématiques se rapportant plus spécialement à la théorie des nombres. C'est à la suite de la présentation à notre Société d'une de ses recherches sur ce sujet qu'il en fut reçu membre ordinaire en 1868 et il continua de lui communiquer les résultats de ses calculs. Chrétien fervent, doué du plus aimable caractère, toujours empressé à rendre service et à se charger du travail de ses collaborateurs, M. de la Harpe laisse un grand vide dans toutes les œuvres où il exerçait son infatigable activité.

TRAVAUX DE LA SOCIÉTÉ

Mathématiques, Astronomie, Géodésie.

M. le prof *Cellérier* [1] a exposé un nouveau mode de discussion de la propagation du mouvement dans un milieu élastique. La nouvelle for-

[1] *Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle*, t. XXVII, p. 11.

mule qu'il propose remplace avec avantage celle de Fourier; elle ne nécessite que quatre intégrations, toutes entre des limites fixes et ne comporte, par conséquent, pas d'indétermination comme cette dernière.

M. le prof. *Gautier* a annoncé que la comète qui avait été observée récemment dans les régions australes, a été reconnue être celle de 1833.

M. le prof. *Plantamour* a donné quelques détails sur la mesure d'une nouvelle base pour la triangulation de la Suisse. Cette base, située près d'Aarberg, a une longueur de 2,400 mètres, bien inférieure à celle qui a servi précédemment, mais, tandis que celle-ci avait été mesurée à quelques centimètres près, la nouvelle l'a été à moins d'un millimètre près. Pour relier cette base au côté le plus voisin, Rœthlifluh-Chasseral, de la grande triangulation, il y aura à exécuter une triangulation intermédiaire par neuf points différents. La nouvelle mesure de cette base a été faite d'après la méthode et avec les appareils du général Ibanez que ce dernier a généreusement mis à la disposition de la Suisse avec tout le nombreux personnel nécessaire à cette opération. Les officiers espagnols ont fait deux mesures et après eux les officiers suisses en ont fait une. Les résultats ont été pour la fraction à ajouter aux 2,400 mètres : $0^m,0873$, $0^m,0852$ et $0^m,0832$ (mesure suisse), en moyenne $0^m,0852$. L'erreur probable n'est que de $^8/_{10}$ de millimètre ou $^1/_{3000000}$ de toute la longueur. L'opération s'effectue avec une seule règle de 4 mètres de long qui se pose sur des chevalets alignés d'avance dans la direction à l'aide de théodolites.

M. *Plantamour* a donné, en outre, quelques détails sur la septième livraison du nivellement de précision de la Suisse [1] qu'il offre à la Société, en même temps que son mémoire [2] sur la question du niveau du lac.

Physique et Chimie.

M. *Raoul Pictet* a fait remarquer dans une communication sur les

[1] Georg, libraire. Genève, 1880.

[2] Réponse à MM. Pestalozzi et Legler sur l'écoulement du Rhône. Georg, libraire. Genève, 1880.

causes des anomalies de la loi de Mariotte que, dans les dernières publications en France et en Allemagne, sur la théorie des gaz et leur compressibilité, on se sert des raisonnements de M. Clausius pour expliquer les anomalies de cette loi appliquée aux vapeurs, et qu'on admet que ce phénomène est produit par l'action des forces intérieures moléculaires qui, s'ajoutant à la pression, amène une diminution de volume de la masse gazeuse, diminution plus grande que ne l'indique la loi de Mariotte.

M. Pictet démontre par une suite de déductions mathématiques que les prémisses de ce raisonnement sont incompatibles avec les conséquences et que l'action des forces intérieures, s'il n'y a pas liquéfaction partielle, entraîne une augmentation de pression, soit une anomalie de la loi de Mariotte en sens inverse de celle qu'on observe. Ainsi les forces d'attraction moléculaire ne peuvent pas expliquer les anomalies de cette loi, tandis que si l'on admet une liquéfaction partielle dans la masse des vapeurs, on conçoit que cette liquéfaction entraîne un vide, qui, diminuant le nombre des chocs contre les parois, diminue aussi la pression.

M. le prof. *F.-A. Forel*[1] a exposé ses recherches sur la température des lacs, comprenant : 1° Des séries de sondages thermométriques faits de mois en mois devant Ouchy et donnant de 10 en 10 mètres la température des couches du lac Léman. 2° Un tableau donnant la distribution des isothermes dans la profondeur du lac aux différents mois de l'année pour le lac de Thoune (Fischer et Dr Brunner 1848-1849) et pour le lac Léman. Les courbes de ces deux lacs présentent une grande analogie, sauf que la profondeur de la même isotherme est notablement plus grande pour le lac Léman que pour le lac de Thoune ; la différence est d'autant plus forte que l'isotherme est celle d'une température plus basse. 3° Les températures de fond du Léman ; en 1879 cette dernière était de 5°,2 C. Pendant l'hiver 1880 elle est descendue à 4°,7. La

[1] *Archives des Sciences phys. et nat.*, 3me période, t. III, p. 501; t. IV, p. 89.

température du fond est donc variable, les extrêmes connus sont 4°,7 en 1880 et 5°,9 en 1873. 4° Des sondages thermométriques faits sous la glace du lac de Zurich prouvant que le froid superficiel peut descendre jusqu'à 110 mètres de profondeur. 5° L'étude des isothermes entre la région pélagique du lac Léman qui est restée à environ 5° et la région littorale, ou bien le petit lac, dont la température est descendue jusqu'à 0°, et qui montre qu'entre ces deux régions il y a une bande d'eau à 4° sur laquelle s'inclinent de chaque côté les isothermes: isothermes supérieures dans la région pélagique, isothermes inférieures dans la région littorale. Cette couche d'eau à 4° s'écoule, par suite de sa plus grande densité, dans les grands fonds du lac. M. Forel en a constaté des traces en trouvant au-dessous de la grande masse du lac à 4°,7 des couches inférieures à 4°6, et 4°,5. 6° Les conditions dans lesquelles le lac de Genève a gelé les 9, 14, 15 et 16 février et le 1er mars 1880, ainsi que les lacs de Neuchâtel et de Morat le 11 mars: dans ces cas la congélation de l'eau est due à l'action intense du rayonnement nocturne et non au contact de l'eau avec un air froid. M. Forel a en outre fait observer la différence d'effet de la congélation par une nuit claire où le rayonnement détermine une congélation en masse de toute la surface du lac et celle par un ciel couvert où la congélation se fait d'une manière beaucoup plus confuse, différence qui, à son avis, explique l'état particulier de la glace de cet hiver sur les lacs de Neuchâtel et de Morat.

M. le prof. *Brun* a décrit un appareil servant pour l'éclairage vertical au microscope, l'appareil de MM. Seibert et Kraft de Wetzlar, puis il a passé en revue trois séries d'expériences qu'il a faites pour constater les avantages de cet appareil: 1° sur les poussières atmosphériques; 2° sur les micromètres et 3° sur les tests de Diatomées dont la résolution est la plus difficile à réaliser. Dans des poussières recueillies sur une fenêtre élevée du Quai des Bergues, du 22 ou 26 novembre dernier, il a reconnu d'infiniment petits fragments de minéraux, du coton, des petits globules huileux qui n'ont été découverts, à sa connaissance, dans aucune analyse antérieure, des débris de vaisseaux de conifères, des

petits Protococcus (ces algues flottent donc à peu près toute l'année dans l'atmosphère), des grains de pollen, des débris de coke et des cendres. Il a même distingué des corpuscules de $^1/_{5000}$ de millimètre de diamètre environ qu'il croit être des sporules hyalins et qui ne pouvaient pas être aperçus par un autre mode d'éclairage. L'observation des micromètres à la lumière verticale a aussi donné des résultats supérieurs, en supprimant les fausses lignes parallèles qui peuvent se produire avec la disposition ordinaire. Enfin le résultat a été tout aussi avantageux à l'égard des tests de Diatomées les plus difficiles à réduire : la *Frustulia saxonica* et l'*Amphipleurapellucida*. Avec ce reflecteur, leurs stries, si fines qu'il y en a jusqu'à 4000 et plus au millimètre, apparaissent nettement; les stries longitudinales et transversales se montrent *à la fois* présentant l'aspect d'une surface perlée. Il a ainsi confirmé avec cet appareil les résultats obtenus photographiquement par Woodward.

M. Brun considère donc la supériorité de cette disposition comme démontrée; elle augmente notablement la puissance résolvante des lentilles pénétrantes, elle met nettement en lumière la différence entre les lentilles à grand angle et celle à moins grand angle, dans le sens de la grande supériorité des premières; elle atténue aussi les différences d'intensité lumineuse. Les inconvénients sont qu'on ne peut pas s'en servir avec les lentilles ordinaires (non à immersion) ni opérer de jour parceque les deux lumières se nuisent, enfin que le champ visuel est nébuleux et très petit. De plus il faut absolument que les *particules* à observer soient préparées *à sec* et *appliquées* contre la surface inférieure du petit verre couvre-objet. Il est à remarquer que M. le prof. Thury avait déjà construit il y a quelques années un réflecteur semblable et d'autres avec lesquels on peut obtenir aussi d'excellents résultats.

M. le prof. *Colladon* a décrit un nouvel appareil américain permettant de faire percevoir les sons aux sourds. Cet appareil consiste en une lame de caoutchouc durci dont on applique la partie recourbée sous les dents de la mâchoire supérieure. M. Colladon a eu l'idée de le remplacer par une feuille de carton mince suffisamment dur que l'on maintient

recourbée sous les dents de la mâchoire supérieure. Il a obtenu avec cet appareil simple et économique des résultats très satisfaisants: ainsi il a pu, entre autres, faire percevoir un morceau de piano à un sourd-muet.

M. le prof. *Soret* a signalé les observations de M. de Fonvielle sur le phénomène peu expliqué du mouvement de rotation que prend facilement un morceau de fer doux dans un courant induit, sous l'influence de courants en sens contraire.

M. *Soret* a aussi décrit un cas intéressant de réflexion de vagues le long d'un quai, fait qui lui a été donné d'observer à Biarritz: la vague réfléchie s'arrête à la vague incidente qui la suit.

M. le *Dr Meyer* [1], astronome adjoint à l'Observatoire de Genève, a communiqué ses recherches sur l'emploi du microphone dans le service de l'heure astronomique. Dès le mois d'août il a établi à l'Observatoire une ligne microphonique qui depuis lors a fonctionné journellement. Le microphone est fixé à l'extérieur de la cage de la pendule normale d'Arnold et le téléphone introduit dans le circuit permet de percevoir les battements de la pendule en un point quelconque de l'Observatoire aussi bien que si elle s'y trouvait réellement. Ce téléphone d'un grand modèle sort des ateliers de M. Hipp, à Neuchâtel. Cette disposition sert tous les jours à faire la comparaison des pendules avec la pendule normale ; elle transmet les battements de cette dernière dans la coupole de l'altazimut ou dans la tour du grand équatorial, ou dans les deux à la fois à l'aide d'un commutateur disposé à cet effet. L'intensité de la reproduction des battements de la pendule normale dans chaque téléphone des deux embranchements ne diffère pas sensiblement de celle obtenue dans un seul circuit et il est certain qu'on pourrait étendre cette disposition aux salles nombreuses d'un grand Observatoire, de manière à y faire entendre partout également bien la pendule normale unique.

Le même procédé a été appliqué avec le même succès à la transmis-

[1] *Archives des Sciences phys. et nat.*, 3me période, t. V, p. 25.

sion de l'heure de l'Observatoire à l'Hôtel de Ville pour le réglage des cadrans électriques.

En interposant différentes résistances dans le circuit microphonique, M. Meyer est arrivé à se convaincre qu'avec un élément Meidinger, ou mieux encore avec un élément Bunsen de dimensions ordinaires, l'effet est encore sensible sur l'aimant du téléphone avec l'interposition d'une résistance équivalant à environ 600 kilomètres d'une ligne télégraphique, d'où il conclut à la possibilité d'appliquer avec avantage ce procédé à la détermination des différences de longitudes.

M. le prof. *Wartmann* a exposé et décrit les appareils à l'aide desquels M. Crookes cherche à établir un quatrième état de la matière et a reproduit devant la société les principales expériences auxquelles se prêtent ces appareils.

M. *Wartmann*[1] a en outre communiqué quelques détails sur un cas de diplopie monoculaire et binoculaire qu'il a observé sur lui-même, comme conséquence de la fatigue résultant d'une lecture prolongée et qu'il signale comme très rare.

M. le prof. *Schiff* a montré au microscope une échelle micrométrique dont le millimètre est divisé en soixante parties et sur laquelle on constate la difficulté d'estimer au microscope le nombre de raies fines, parallèles et aussi rapprochées, en raison des effets de diffraction qui peuvent facilement porter l'estimation du simple au double du chiffre réel.

M. *Schiff* a décrit en outre une disposition qu'il a adoptée, permettant de faire tourner l'objectif d'un microscope autour de son axe, pour éviter les erreurs provenant de la dissymétrie de la taille.

M. *Galopin* a cité un cas intéressant d'une pièce de viande crue qui présentait dans l'obscurité une vive phosphorescence.

M. *Raoul Pictet* a exposé la théorie de la machine électrique de M. Toepler sur un modèle à un seul plateau tournant, puis il a décrit

[1] *Archives des Sc. phys. et nat.*, 3me période, t. IV, p. 525.

une grande machine à dix plateaux, avec laquelle il a exécuté plusieurs expériences.

M. *Pictet* a aussi montré à la société l'appareil imaginé par M. Toepler pour rendre sensibles les courants téléphoniques.

M. *Pictet*, en outre, a fait marcher le nouvel appareil de Siemens pour l'éclairage au gaz dans lequel ce dernier brûle dans l'air chaud.

M. *Edmond Sarasin* a entretenu la Société des recherches qu'il poursuit depuis quelque temps, avec la collaboration de M. Friedel, sur la production artificielle de quelques minéraux. Ils ont réalisé en premier lieu la synthèse de la hopéite en chauffant pendant une nuit, dans des tubes scellés, des proportions variables d'oxyde de zinc et d'acide phosphorique à des températures variant de 150° à 180°. Ils ont obtenu ainsi une masse cristallisée, composée de prismes orthorhombiques se présentant sous la forme de lames rectangulaires. Mesurés au goniomètre de réflexion, les angles de ces cristaux concordaient avec ceux de la hopéite; les propriétés optiques sont aussi identiques. D'après l'analyse chimique, ces cristaux, ainsi que la hopéite, seraient un phosphate tribasique de zinc.

MM. *Sarasin* et *Friedel* ont en outre produit par voie humide le feldspath orthose, en chauffant au rouge sombre pendant trente-six heures, dans des tubes d'acier garnis de cuivre à l'intérieur, des mélanges divers de silicate d'alumine et de potasse. La poudre cristalline obtenue par cette opération offrant les propriétés et la composition de l'orthose, les auteurs en concluent qu'ils ont réussi à recomposer une matière feldspathique analogue aux orthoses des trachytes. Outre cette substance, ils ont toujours obtenu des cristaux de quartz en plus ou moins grande proportion et dans deux expériences des lamelles très nettes présentant les caractères de la tridymite. M. *Sarasin* a en outre attiré l'attention sur le fait intéressant que la bouillie cristalline était tout pénétrée de petits cristaux de cuivre, prouvant qu'il y avait eu dissolution, puis recristallisation du cuivre des parois du tube.

M. *Charles Soret*[1] a exposé la suite de ses recherches sur l'état d'équilibre vers lequel tend, au point de vue de sa concentration, une dissolution saline dont deux parties sont portées à des températures différentes. Les dernières expériences qui concernent les chlorures de potassium, de sodium et de lithium ont donné le même résultat général que l'azotate de potasse, savoir : que la concentration de la partie froide augmente aux dépens de la partie plus chaude et que la différence qui s'établit augmente en proportion de la concentration primitive du liquide. Dans la série des chlorures alcalins, la différence est d'autant plus grande, pour une même concentration absolue, que le poids atomique du sel est plus élevé. Les tubes contenant les dissolutions ont été maintenus à des températures constantes de 80° pour la partie chaude et 20° pour la partie froide, pendant 50 à 56 jours, durée qui permet d'admettre que l'état d'équilibre était bien près d'être atteint, s'il ne l'était réellement.

M. le prof. *Wartmann* a rendu compte des expériences qu'il a faites en vue de s'assurer si le diamant est soluble dans l'acide carbonique liquide. Il a reconnu qu'après un séjour de soixante-douze heures dans l'appareil de Natterer, le diamant réduit en poudre impalpable n'avait éprouvé aucune diminution de poids.

M. *Raoul Pictet* a décrit un perfectionnement qu'il propose d'introduire dans la fabrication des alcools. Plus la température est élevée, plus le rapport des tentions des vapeurs d'eau et d'alcool se rapproche de l'unité. Il y aurait donc un grand avantage à effectuer la rectification des alcools à une température aussi basse que possible. Le procédé consiste en ce que le mélange d'eau et d'alcool, contenu dans un réservoir entouré d'une circulation d'eau chaude, distille dans un récipient plongé dans un mélange frigorifique à très basse température. On peut opérer ainsi à beaucoup meilleur marché que par les anciens procédés.

M. le prof. *Brun* a rendu compte de l'étude qu'il a été appelé à faire sur du pain présentant des taches rouges et violacées. L'analyse a prouvé que

[1] *Archives des Sc. phys. et nat.*, 3me période, t. IV, p. 209.

cette coloration provenait de fuchsine qui avait servi à faire des marques sur les sacs de farine.

Météorologie.

M. le prof. *Plantamour* a attiré l'attention sur la température anormale du mois de décembre 1879[1]. La température moyenne de ce mois a été de —6°,08; c'est le chiffre le plus bas enregistré pour la moyenne d'un mois depuis 1826, sauf janvier 1830, qui avait donné —6°,13; mais ce dernier mois est le plus froid de l'année, et sa température est en moyenne de près d'un degré plus basse que celle de décembre. La moyenne de décembre 1879 présente, avec la moyenne de ce mois, un écart de 6°,88. La probabilité d'un écart pareil est de 0,005; ce n'est que tous les deux cents ans qu'on peut s'attendre à une anomalie aussi grande.

La comparaison des températures à Genève et au Grand Saint-Bernard donne aussi pour ce mois des résultats fort curieux. Pendant quatorze jours la température a été dans la moyenne des vingt-quatre heures de 3° en moyenne plus élevée au Saint-Bernard qu'à Genève; pendant la journée et la nuit de Noël, cette différence a même été de 6°,2.

C'est plutôt par la constance du froid que par de très basses températures que ce mois s'est distingué à Genève, car la plus basse température n'a été que de —15°.

M. *Plantamour* a donné en outre quelques détails sur les recherches qu'il a faites sur la pente de l'eau entre Sécheron, le Jardin Anglais et le pont de la Machine hydraulique, le barrage étant en place ou enlevé. L'établissement du barrage a pour effet, la hauteur du lac à Sécheron étant la même de $1^{m},60$, par exemple, d'élever le niveau de l'eau de $17^{cm},90$ au pont de la Machine et de $2^{cm},69$ seulement au Jardin Anglais, qui se trouve déjà dans le courant du Rhône. La pose du barrage produit donc une diminution de pente de $15^{cm},21$ du pont de la Machine

[1] *Archives des sc. phys. et nat.*, 3me période, t. III, p. 74

au Jardin Anglais, sur une distance de 450^{m} environ et seulement de 2^{cm},69 du Jardin Anglais à Sécheron, sur une distance de 1 ½ kilomètres environ, d'où il est permis de conclure qu'à Sécheron même et sur la surface du lac, en général, son effet est pour ainsi dire insensible.

M. *A. Achard* a communiqué le résultat de la comparaison des observations pluviométriques recueillies dans différentes stations de la vallée du Rhône, avec les variations du niveau du lac dans les dernières années. La concordance entre les crues du lac et les quantités d'eau tombée est très évidente, surtout pour les années 1867, 72, 73, 76 et 77.

M. le prof. *Soret* a communiqué une lettre adressée de Bonneville à M. le prof. Plantamour, décrivant une pluie jaune tombée le 25 avril dernier et dont on a recueilli quelques gouttes sur une feuille de papier jointe à la lettre. M. Casimir de Candolle, à qui la feuille de papier a été remise pour la soumettre à un examen microscopique, a déclaré que la poussière jaune ne contenait aucun grain de pollen, mais était surtout composée de débris de cellules végétales mélangés à d'autres objets de diverses natures.

M. *Raoul Pictet* a décrit un orage de grêle, dans lequel il s'est trouvé en chemin de fer, près de Berne. Après avoir vu tomber la grêle en grande abondance il n'a pas tardé à sortir de la colonne et a pu, dès lors, observer le phénomène dans son ensemble. Il a reconnu que les nuages supérieurs étaient blancs et à contours mal définis, présentant tous les caractères de nuages froids; au-dessous, au contraire, étaient de gros nuages noirs, épais, vrais nuages chauds d'été. Le contact de ces deux nuages de nature différente produit la grêle, qui résulte de l'état de surfusion de l'eau dans les nuages froids.

M. *Ph. Plantamour* a observé, dans la nuit du 14 au 15 novembre, un phénomène très rare : par un beau clair de lune, vers minuit, on voyait toute la chaîne du Mont-Blanc d'un blanc d'argent brillant et d'une netteté parfaite jusque dans les moindres détails; le 15 à quatre heures du matin, le ciel étant couvert à l'exception d'une étroite bande au-dessus du Jura dans laquelle brillait la lune, tout le coteau qui longe

la rive est du lac était doré comme par un beau soleil couchant d'été, et tous les détails étaient visibles avec la même netteté. L'air a été souvent d'une remarquable transparence pendant les mois de novembre et de décembre.

Géologie.

M. *de Loriol* a fait[1] une communication sur les échinides fossiles des couches nummulitiques de l'Égypte. Le travail auquel il s'est livré lui a permis d'en reconnaître 42 espèces dont 20 nouvelles. Il a eu à sa disposition les Échinides rapportés autrefois par M. Lefébure, ceux recueillis par M. Delanoue aux environs de Thèbes et conservés au Muséum de Paris et ceux de quelques autres collectionneurs. Cette faune échinidique ne contient que 4 espèces d'Échinides réguliers, parmi lesquelles se trouve le *procedaris Schmideli* dont on ne connaissait auparavant aucun test complet. Les Échinolampes présentent 7 espèces dont 4 nouvelles. Le caractère de cette faune est très spécial : 8 espèces seulement se trouvent hors d'Égypte, dont 4 dans le Vicentin, 3 dans les Pyrénées et une en Crimée. L'horizon des couches qui renferment ces Échinides paraît être celui de St-Giovanni dans le Vicentin, et d'Yberg dans le canton de Schwyz, correspondant au calcaire grossier des environs de Paris. Les couches éocènes plus inférieures développées aux environs de Thèbes ne contiennent pas d'Échinides.

M. *Alphonse Favre* a présenté à la Société son ouvrage sur la géologie du canton de Genève[2], rédigé sur la demande de la Classe d'agriculture comme complément de sa carte géologique. Cet ouvrage, de forme élémentaire, contient dans le premier volume une esquisse de l'histoire de la terre, des notions sur la chimie agricole, des analyses de terrains, les transports de terrains et l'origine des substances qu'ils renferment. Dans

[1] *Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle*, de Genève, t. XXVII, p. 59.

[2] Cherbuliez, libraire, Genève, 1880.

le second volume on trouve la description géologique détaillée de tout le canton.

M. *Favre* a signalé, en outre, la découverte récente de diamants en place dans des roches près de Kimberley-Transvaal. Ces roches sont très voisines de l'ophyte de la vallée de Saas. Il a trouvé près de Tanninge une roche qui, d'après M. Michel Lévy, ressemble beaucoup à celle qui contient ces diamants.

M. *Favre* a, de plus, offert de la part de MM. Falsan et Chantre, membres honoraires de notre Société, leur beau travail en deux volumes avec planches sur l'ancienne extension du glacier du Rhône, et en a exposé les principaux traits.

M. le prof. *Brun*[1] a rendu compte des observations qu'il a faites sur des minéraux de la plaine du Sahara. Il distingue trois niveaux différents : 1° les plaines des Hamadahs, recouvertes de cailloux brisés de différentes variétés ; 2° les dunes où le sable domine et où se trouvent les oasis; 3° les schotts, lacs ou étangs. Le sol des Hamadahs est recouvert de cailloux brisés d'espèces minéralogiques très variées, sel marin, albâtre, espèces de grès, morceaux de silice, etc., etc. Souvent le morceau se trouve à côté de la roche dont il a été détaché. Ces fragments n'ont pas pû être cassés par les pieds des chevaux, car ils se trouvent à des endroits où les caravanes ne passent jamais, ni par la foudre qui les eût projetés plus au loin de la roche dont ils proviennent. M. Brun propose l'explication suivante : dans les roches superficielles se trouvent de nombreuses fissures dans lesquelles s'accumule à la longue une poussière ténue de sulfate de chaux déshydraté par la chaleur solaire. Cette déshydratation doit s'effectuer par des grains de silex roulés et fonctionnant au soleil comme lentilles convergentes. Sous l'action des rosées, qui sont très abondantes, ce sulfate de chaux s'hydrate de nouveau, augmente de volume et exerce par suite une forte pression sur les parois de la fissure. Cette action se répétant pendant longtemps, le fragment de roche finit

[1] *Archives des sciences phys. et nat.*, 3me pér., t. III, p. 329.

par se détacher. M. Brun a fait en outre l'analyse des sables des dunes et a trouvé des proportions assez différentes de celles indiquées par M. Charles Martins.

M. *Édouard Sarasin* a fait une rapide description de la forêt pétrifiée située dans le désert, à l'est du Caire, qu'il a visitée dernièrement. Il a montré une série d'échantillons de bois fossile, fragments de troncs et de branches présentant des nœuds et appartenant à plusieurs essences différentes. Il présente, en outre, plusieurs échantillons de silex et d'agathe roulés récoltés dans le désert et parfaitement polis par l'action des chocs des grains de sable.

Botanique.

M. le pasteur *Duby*[1] a communiqué des extraits d'un mémoire, accompagné de planches, sur les mousses de l'Amérique du Sud. Il insiste sur l'importance qu'il y a dans l'étude de cette famille à s'appuyer, pour la constitution des genres, sur les caractères que fournissent les organes de la fructification. Cette méthode l'a conduit à proposer deux nouveaux genres qu'il appelle Picigaria et Mitropoma.

M. le prof. *Muller* a parlé de la détermination qu'il a faite récemment de soixante espèces de lichens de l'Afrique occidentale, appartenant à l'herbier de Berlin. Dans ce nombre vingt sont nouvelles, huit sont européennes, mais se trouvent partout, et trente-deux se retrouvent dans l'Amérique du Sud. Ce rapport frappant avec l'Amérique du Sud doit provenir des vents alizés qui transportent les spores excessivement légers. L'étude d'autres cryptogames donnerait peut-être des résultats analogues.

M. *Muller*, en étudiant les characées des environs de Genève, a été surpris de la richesse de notre flore à l'égard de cette plante. Il en a trouvé 70 espèces et sous-espèces, ce qui est beaucoup plus de la moitié

[1] *Mémoire de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève*, t. XXVII, p. 1.

de ce que fournit la flore de toute l'Europe. Ce travail va être publié prochainement.

M. le prof. *Brun* [1] a fait une intéressante communication sur les algues qui ont été recueillies dans l'eau du lac de Neuchâtel pendant sa congélation. Les observateurs qui ont étudié ce phénomène ont constaté que là où la glace se rompait, l'eau qui s'échappait de cette fente sur la surface de la glace présentait une belle teinte rouge. En étudiant avec soin le résidu noirâtre que cette eau abandonne par la filtration, M. Brun a fini par y trouver une petite algue verte encore remplie de son Endochrome. Verte d'abord, elle devient jaune, puis orangée, puis rouge de sang. M. Brun a pu observer cette algue dans tout son cycle vital. Elle constitue une sorte de poche avec un orifice, probablement armé de cils vibratils et recouvert d'un capuchon qui constitue la partie la plus remarquable de cette algue. Elle se meut très probablement à l'aide de ces cils vibratifs, qui toutefois ne peuvent pas se voir directement; pour les observer, il faudrait avoir recours à la solution d'acide osmique au $^1/_{60}$, avec fixation immédiate. Lorsque l'algue vire du vert à l'orangé, on y voit se former dans son intérieur de petits nodules vert émeraude, puis des zoospores. Celles-ci s'allongent et s'enveloppent d'une substance translucide, enfin, rompant l'enveloppe de l'algue-mère, elles se répandent au dehors donnant lieu à de nouveaux êtres, qui se multiplient eux-mêmes indéfiniment par segmentation. M. Brun ne croit pas, comme le pensent certains auteurs, qu'il y ait en outre reproduction sexuelle. Le capuchon est caduc et disparaît pendant la circulation des zoospores dans l'eau ambiante. A l'état vert, cette algue est facilement putrescible, à l'état orangé ou rouge, elle présente, au contraire, une grande résistance à la putréfaction. Séchée dans ce dernier état elle peut, comme les palmellées en général, recommencer à vivre au bout de plusieurs années. Dès que l'algue a émis ses zoospores, sa décomposition commence et elle finit par ne laisser qu'un résidu de silice et de charbon; de là,

[1] *Archives des sciences physiques et naturelles*, 3me pér., t. III, p. 337.

cette teinte noire qu'affectent les dépôts des eaux stagnantes, dépôts qui sont essentiellement composés de charbon. M. Brun range cette algue dans le genre *Tetraspora* ou *Pleurococcus*.

M. le prof. *de Candolle* a présenté à la Société des modèles de graines de différents plants de vignes américaines, provenant de l'École nationale d'agriculture de Montpellier, dont le but est d'aider à distinguer les plants indemnes du phylloxéra de ceux qui ne le sont pas. Ces modèles représentent les graines grossies dix fois.

M. *Raoul Pictet* a confirmé, sur les deux derniers marronniers des Bastions, une observation antérieure de M. de Candolle, à savoir qu'ils se sont défeuillés les derniers cet automne et qu'ils s'étaient feuillés les derniers au printemps. M. Ph. Plantamour a fait remarquer à cette occasion que, sur un même arbre, marronnier, platane, pommier ou autres, la ou les feuilles terminales des rameaux sont celles qui tombent les dernières en automne.

M. le prof. *Wartmann* a montré un échantillon de la *Selaginella rediviva*, plante rapportée de la Californie, et qui, après avoir été desséchée, reprend dans l'eau comme la rose de Jéricho.

M. *Wartmann* a observé à la partie inférieure des rameaux de *magnolia* une raie noirâtre toujours dans la même position, le cerisier à bigarreaux la présente également; ce fait, selon M. le prof. Müller est probablement dû aux stipules.

Zoologie, Physiologie, Anatomie.

M. le Dr *V. Fatio* [1] a exposé les résultats des expériences qu'il a faites au mois de février sur la désinfection des wagons ayant contenu ou contenant des plantes phylloxérées. La désinfection au sulfure de carbone étant abandonnée, M. Fatio a essayé, et avec succès, l'acide sulfureux. Il a opéré en premier lieu sur un wagon fermé dans lequel il

[1] *Archives des sciences physiques et naturelles*, 3me pér., t. III, p. 317 et t. IV, p. 475.

avait disposé en différents points des tubes et des éprouvettes en verre contenant des racines phylloxérées, ces tubes étant, les uns ouverts, les autres bouchés par de la terre et les phylloxéras qu'ils contenaient tous comptés; en outre, le wagon avait été rempli de rosiers, lauriers, poiriers et groseillers. Un litre d'acide sulfureux pulvérisé a suffi pour amener la mort de tous les phylloxéras. M. Fatio a aussi employé un litre d'acide sulfureux pour inonder un wagon ouvert : dans ce cas encore, il a constaté la mort instantanée de tous les individus soumis à l'expérience. Les plantes qui avaient été exposées dans le wagon ont été replantées et paraissent avoir assez souffert. Toutes présentaient des taches noires, comme celles que produisent les coups de grêle, provenant du contact de gouttes d'acide sulfureux liquide. Lorsque la saison favorable est arrivée, M. Fatio a complété ses expériences sur la destruction des phylloxéras par l'acide sulfureux en exposant aussi des œufs de l'insecte à ce toxique. Opérant dans une petite maisonnette à la campagne, il a constaté que l'effet était complet, même sur les œufs, avec une dose de 50 grammes d'acide par mètre cube d'air, 45 à 50 grammes suffisent par mètre carré de plantes à racines dénudées quand l'air est sec. Dans l'air humide, l'effet est considérablement réduit; un tampon de terre humide sur l'ouverture d'un tube empêche l'intoxication d'y pénétrer. Les effets de l'intoxication sont de deux espèces: 1° Suffocation immédiate de l'insecte; 2° Action corrosive sur les tissus. Les plantes, si elles ne sont pas suffisamment ligneuses, meurent, soit dans un mélange d'acide et d'air, soit par aspersion. Les graines sèches résistent. L'acide sulfureux s'emploie aussi très avantageusement à la désinfection des collections.

M. le prof. *Fol* a ajouté à ces détails qu'il a aussi employé cet acide avec succès pour désinfecter des appartements et fait remarquer que les insectes sont très impressionnables aux toxiques gazeux qui seuls peuvent pénétrer dans leur corps.

M. *Aloïs Humbert* a signalé, comme un fait d'adaptation très curieux, la présence dans le lac de Regentspark, à Londres, d'une méduse se

rattachant étroitement au type marin et qui vit dans l'eau douce, tandis qu'elle ne supporte pas le séjour dans l'eau salée.

M. le Dr *Wartmann* [1] a communiqué un travail sur les modes de genèse des tumeurs cartilagineuses ou enchondromes. Voici les conclusions auxquelles il est parvenu par l'examen attentif de plus de 5000 coupes microscopiques qu'il a étudiées soit à l'état frais, soit après les avoir soumises à l'action de divers réactifs, tels que le carmin, l'acide acétique, l'acide osmique, la solution d'iode, le nitrate de mercure, etc., etc.: 1° il a confirmé la manière de voir de Virchow, que l'enchondrome peut prendre naissance directement aux dépens du tissu conjonctif; 2° il a observé que les espaces lymphatiques du tissu conjonctif sont plus dilatés qu'à leur état normal. L'épithélium apparaît, sans réactions spéciales, comme un petit bourrelet qui circonscrit l'ouverture du canal. Ailleurs ces cellules épithéliales ont proliféré et se trouvent disposées en plusieurs couches, si bien que le canal lymphatique est complètement obstrué. Ces cellules s'imbriquent les unes sur les autres et forment sur une coupe perpendiculaire une perle épithéliale, et sur une coupe transversale un cylindre ou boyau flexueux. Par places, le boyau est rompu, et les cellules épithéliales se sont répandues dans le tissu ambiant; les plus jeunes, près du canal lymphatique, se présentent tout à fait comme des cellules épithéliales, tandis que les plus anciennes qui gisent à une certaine distance sont nettement cartilagineuses avec capsules, etc. Entre elles se trouve une série d'intermédiaires. Ce mode de genèse de l'enchondrome aux dépens des cellules épithéliales n'a encore été décrit par aucun auteur; 3° dans un cas de récidive d'enchondrome de la région parotidienne, la tumeur s'était développée dans les artères où elle formait des embolies. Sur les coupes, l'auteur a toujours observé que la membrane épithéliale de la paroi artérielle, au lieu d'être formée d'une seule couche, se composait d'une série de couches s'avançant vers le centre du vaisseau. Les cellules se touchent près de la paroi, au

[1] Recherches sur l'enchondrome, Georg, Genève et Bâle, 1880, et G. Masson, Paris, 1880.

centre elles sont séparées par une substance hyaline et il s'y trouve même des cellules cartilagineuses avec leurs capsules. M. Wartmann interprète cette observation de la manière suivante : lors de la première opération, une artère a été lésée et une petite quantité de bouillie cartilagineuse a été transportée sous forme d'embolies sur les branches terminales de ce vaisseau. Là, ces cellules ont peut-être proliféré ; en outre, les cellules épithéliales de l'artère, irritées par la présence de la masse cartilagineuse, ont aussi procréé de nouvelles cellules devenues cartilagineuses et qui ont augmenté la tumeur. D'après cela, des cellules épithéliales, soit des canaux lymphatiques, soit des vaisseaux sanguins, peuvent se transformer en cellules cartilagineuses et donner lieu à la production d'enchondrome ; 4° avec une solution d'iode, les cellules épithéliales qui n'ont sécrété ni capsule, ni substance intercellulaire, donnent une très belle réaction amyloïde d'un beau rouge, ce qui n'est pas le cas des cellules encapsulées. Il y a donc une relation entre la substance amyloïde et la chondrine. Les cellules épithéliales transformeraient l'une dans l'autre ; 5° il existe une dégénérescence fibrillaire de l'enchondrome non encore décrite dans laquelle des stries de la substance fondamentale peuvent mettre en communication deux ou plusieurs groupes de cellules. A l'appui de ces recherches, M. le Dr Wartmann a présenté un grand nombre de dessins d'après nature montrant les différents modes de genèse de l'enchondrome.

M. le Dr *Lombard* a présenté son *Traité de climatologie médicale*[1] en quatre volumes avec cartes. Cet ouvrage est le résultat de recherches poursuivies pendant 50 ans sur l'influence de la température, de l'humidité et de la pression barométrique sur la morbidité et la mortalité. Il renferme des documents sur le monde entier, donne des statistiques des maladies dans les divers pays et de l'étendue de chaque maladie. La malaria est une des causes les plus générales de mortalité ; rare en France et en Suisse, elle règne généralement en Afrique, en Asie et en Améri-

[1] Baillère et fils, Paris, 1880, et chez Cherbuliez et Georg, à Genève.

que; la moitié des terres habitées en est infestée et la culture des nouveaux terrains la provoque. Une série de cartes teintées indique la distribution de diverses maladies : la fièvre jaune, la phtisie pulmonaire, la dysenterie, le choléra, etc., etc.

M. Lombard[1] a en outre lu une notice sur la maladie des ouvriers du tunnel du St-Gothard. La presse italienne avait fait grand bruit d'une maladie qui aurait éclaté avec une grande intensité dans les chantiers du Gothard et qui était attribuée à la présence dans le corps des malades d'un antozoaire, l'*ankylostomum duodenale*, ver cylindrique de 18 à 20^{mm} de longueur, entraînant une anémie très grave et qui aurait été trouvé sur un ouvrier venant du tunnel et mort des suites de cette maladie à l'hôpital de Turin. M. Lombard a recherché les causes de cette anémie dont ont été atteint en effet un certain nombre d'ouvriers du Gothard. Elles sont de diverses natures : 1° la haute température à l'intérieur du tunnel, celle-ci a atteint 31°,7 ce qui est encore loin des 40° assignés comme limite par Dubois-Raymond; 2° la grande humidité provenant des infiltrations d'eau; 3° la fumée des lampes des mineurs; 4° les émanations des ouvriers; 5° les gaz nitreux résultant de l'explosion de la dynamite; 6° l'obscurité; 7° la fatigue. A ces causes physiques vient s'ajouter l'économie exagérée des ouvriers qui les porte à ne s'accorder qu'une nourriture très insuffisante. Malgré ces nombreuses causes, l'état sanitaire n'est pas aussi mauvais qu'on le prétend, et la preuve c'est qu'il y a encore au Gothard des ouvriers qui ont travaillé au Mont-Cenis et qu'il y en a beaucoup qui travaillent dans le tunnel depuis longtemps sans que leur santé en ait été altérée. Quels sont les effets produits par ces diverses causes et les symptômes de la maladie en question? Ce sont l'anémie, le vertige, la névralgie, des vomissements, la diarrhée, la constipation, tous symptômes de la maladie bien connue de l'anémie des mineurs qui se produisent indépendamment de la présence de l'ankylostome. Celui-ci n'a jamais été trouvé à Gœschenen, ni en nature, ni

[1] *Archives des sciences physiques et naturelles*, 3^{me} pér., t. III, p. 516.

en œuf. La maladie ne résulte donc point de l'impureté de l'eau à boire entraînant la présence d'ankylostome dans le corps des ouvriers et l'on n'a affaire qu'à une maladie commune chez les ouvriers mineurs. Non seulement la nature, mais la gravité et l'étendue de la maladie ont été fort exagérées : sur 6900 ouvriers on a compté 23 anémiques seulement.

M. le prof. *Schiff*, qui avait précédemment constaté l'arrêt du développement des nerfs chez les chiens, a annoncé qu'il l'avait également rencontré chez l'homme. Ayant été à même d'examiner à ce point de vue les préparations du musée d'Heidelberg relatives à l'ataxie locomotrice, il a reconnu qu'elles présentaient cette absence de la portion médullaire des nerfs.

M. le prof. *Fol* a montré des photographies sur verre de préparations anatomiques destinées à la projection ou à l'observation au stéréoscope Elles représentent des embryons de différents animaux avec les moindres détails d'une grande netteté et donnent au stéréoscope un relief surprenant. Pour obtenir ces photographies stéréoscopiques, M. Fol divise en deux le champ des images du microscope; l'une des deux photographies est prise dans une des moitiés du champ, les rayons de l'autre étant interceptés, l'autre image s'obtient dans l'autre moitié du champ.

Tels sont, Messieurs, les principaux sujets qui m'ont paru mériter d'être rappelés à votre souvenir à cette fin d'année. Je suis sûr en terminant de rencontrer votre approbation en associant vos vœux aux miens pour que la Société continue avec un zèle toujours plus efficace à enrichir par de nouvelles découvertes les sciences qu'elle cultive.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

Liste des ouvrages reçus par la Société pendant l'année 1880.

Titres.		Donateurs.
Rapports mensuels du Conseil fédéral suisse sur les travaux de la ligne du Saint-Gothard, nos 85 à 96. 4°.	Berne, 1880	Conseil fédéral suisse.
Rapports trimestriels, nos 29 à 32. Folio	Berne, 1880	
Renseignements géologiques sur le Grand Tunnel du St-Gothard. Suppléments aux Rapports trimestriels, nos 28, 29, 30. Folio	Berne, s. d.	
Geologisches Profil des St-Gothard. Specialbeilage. Folio.	Berne, 1880	
Huitième rapport de la Direction et du Conseil d'administration du chemin de fer du St-Gothard. 4°	Zürich, 1880	Direction.
Carte géologique de la Suisse. Feuille XII. Folio	Winterthur, 1879	Commission géologique fédérale.
Id. Feuilles IV, V. Folio.	Berne, 1880	
Mittheilungen der aargauischen naturforschenden Gesellschaft. II. Heft. 8°	Aarau, 1880	Société des Sc. naturelles d'Argovie.
Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles, 2me série, vol. XVI, n° 83. 8°	Lausanne, 1880	Société vaudoise des Sc. naturelles.
Bulletin de la Société des Sciences naturelles de Neuchâtel. Tome XII, 1er cahier. 8°	Neuchâtel, 1880	Société des Sc. naturelles de Neuchâtel.
Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris. Tome XC et tables; XCI. 4°	Paris, 1880	Académie des Sciences de Paris.
Annales de l'Institut national agronomique. N° 2, 2me année; n° 3, 3me année. 8°	Paris, 1879-80	Institut national agronomique.
Journal de l'École polytechnique; 46me cahier (T. XXVIII). 4°.	Paris, 1879	École polytechnique.
Annales des Mines. 7e série. Tome XVI, livr. 5 et 6; T. XVII, livr. 1 à 3; T. XVIII, livr. 4 et 5. 8°	Paris, 1879-80	École des Mines.
Nouvelles Archives du Muséum d'Histoire naturelle. 2e série. T. II, 2me fasc.; T. III, 1er fasc. 4°	Paris, 1879-80	Muséum d'Hist. naturelle de Paris.

Bulletin de la Société de Géographie. Janvier à Décembre 1880. 8°. . . . . Paris, 1880 — Société de Géographie de Paris.

Bulletin de la Société géologique de France. 3me série, Tome VI (1878), nos 8 à 10; T. VII (1879), nos 4 à 8; T. VIII (1880), séance générale annuelle et n° 1. 8° . . . . . Paris, 1879-80 — Société géologique de France.

Revue savoisienne. 21me année (1880). 4°. . . . . Annecy, 1880 — Association Florimontane.

Bulletin de la Société d'étude des sciences naturelles de Béziers. 1re et 2me année; 3me année, fasc. 1 et 2. 8°. . . . Béziers, 1877-79 — Société d'étude des Sc. nat. de Béziers.

Actes de la Société Linnéenne de Bordeaux. Vol. XXXII (4me sér., T. III), livr. 3 à 6, et procès-verbaux. 8°. . . . . Bordeaux, 1879 — Société Linnéenne de Bordeaux.

Mémoires de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux. 2me série, T. III, 3me cahier. 8° . . . . . Bordeaux, 1880 — Société des Sc. phys. et nat. de Bordeaux.

Bulletin de la Société de Géographie commerciale de Bordeaux. Année 1880, nos 1 à 24. 8° . . . . . Bordeaux, 1880 — Société de Géogr. commerciale de Bordeaux.

Bulletin de la Société Linnéenne de Normandie. 3me série, 1er et 2me vol. 8° . . . . . Caen, 1877-78 — Société Linnéenne de Normandie.

Documents publiés par l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Savoie. T. III. 8°. . . . . Chambéry, 1879 — Académie des Sc., etc., de Savoie.

Mémoires de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Dijon. 3me série, Tome V. Années 1878-79. 8°. . . . . Dijon, 1879 — Académie des Sc., etc., de Dijon.

Mémoires de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Lyon. Classe des Sciences. Tome XXIII. 8°. . . . . Lyon, 1878-79
Id. Classe des Lettres. Tome XVIII. 8°. . . . . Lyon, 1878-79 — Académie des Sc., etc., de Lyon.

Annales de la Société d'Agriculture, Histoire naturelle et Arts utiles de Lyon. 4e série, Tome X; 5e série, Tome I (avec atlas folio). 8° . . . . . Lyon, 1877-80 — Société d'Agricult., etc., de Lyon.

Annales de la Société Linnéenne de Lyon. Année 1877 (T. XXIV), 1878 (T. XXV). 8° . . . . . Lyon, 1878 — Société Linnéenne de Lyon.

Mémoires de l'Académie de Stanislas, 1879. CXXXe année. (4e sér., T. XII). 8° . . . . . Nancy, 1880 — Académie de Stanislas.

Mémoires de l'Académie des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres de Toulouse. 8e série. T. I. Sem. 1 et 2. 8°. Toulouse, 1879 — Académie des Sc., etc., de Toulouse.

Memorie della R. Accademia delle Scienze, Lettere ed Arti di Torino. Serie seconda. T. XXXI. 4° . . . . . Torino, 1879 — Académie R. des Sc., etc., de Turin.

Bollettino del R. Comitato Geologico d'Italia, 1879. Anno X. Vol. X, nos 1 à 12. 8°. . . . . Roma, 1879 — Comité Royal géologique d'Italie.

Atti della R. Accademia dei Lincei. Anno CCLXXVI. 1878-79. Ser. III. Memorie. Sc. fis., mat. e nat. Vol. III, IV. 4°. Roma, 1879
Atti. Transunti. Vol. IV, 1 à 7. 4°. . . . . Roma, 1880 — Académie des Lynx.

Memorie della R. Accademia delle Scienze, Lettere ed Arti in Modena. Tome XIX. 4° . . . . . Modena, 1879 — Académie R. des Sc., etc., de Modène.

Annuario della Società dei Naturalisti in Modena. Anno XIII, 3, 4; XIV, 3. 8° . . . . . Modena, 1879-80 — Société des Naturalistes de Modène.

Memorie della Società Toscana di Scienze naturali. Vol. IV, 2. 8°. ..... Pisa, 1880	Société toscane des Sc. naturelles.
Processi verbali, p. 18 à 64. 8° ..... Pisa, 1880	
Memorie del R. Istituto Lombardo di Scienze e Lettere. Vol. XIII, fasc. III; XIV, fasc. I. 4°. ..... Milano, 1877-78	Institut Royal lombard des Sciences et Lettres.
Rendiconti. Serie II. Vol. IX, X, XII. 8°. ..... Milano, 1876-79	
Atti della Società Italiana di Scienze naturali. Vol. XXII, fasc. 1 et 2. 8° ..... Milano, 1879	Société italienne des Sc. naturelles.
Memorie del R. Istituto Veneto. Vol. XX, XXI. 4°. . Venezia, 1878-80	Institut Vénitien.
Atti. Série V. T. IV, 10; V; VI, 1 à 9. 8° ..... Venezia, 1877-80	
Verhandelingen der Kon. Akademie van Wetenschappen. — Afd. Natuurkunde. Vol. XIX. 4° ..... Amsterdam, 1879	Académie R. des Sciences d'Amsterdam.
Id. — Afd. Letterkunde. Vol. XII. 4° ..... Amsterdam, 1879	
Verslagen en Mededeelingen. — Afd. Natuurkunde. 2de Reeks. Vol. XIV. 8°. ..... Amsterdam, 1879	
Id. — Afd. Letterkunde. 2de R. Vol. VIII. 8°. . . Amsterdam, 1879	
Processen-Verbaal. 1878-79. 8°. ..... Amsterdam, 1878-79	
Jaarboek van der Kon. Akademie voor 1878. 8°. . . . Amsterdam, 1878	
P. Esseiva. Virginis maturioris querelæ. Elegia. Et : *J. van Leeuwen.* Homo simia. Elegia. 8° ..... Amsterdam, 1879	
Archives du Musée Teyler. Vol. V, 2me partie. 8°. . . . . Haarlem, 1880	Direction du Musée Teyler.
Natuurkundige Verhandelingen van der Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen te Haarlem. Derde Verz. Deel IV. 1ste Stuk. 4°. ..... Haarlem, 1880	Société hollandaise des Sciences.
Archives Néerlandaises des Sciences exactes et naturelles. T. XIV, livr. 3 à 5; XV, livr. 1 et 2. 8°. ..... Haarlem, 1879-80	
Natuurkundig Tijdschrift voor Nederlandsche Indie. Deel XXXVIII, zevende serie. Deel VIII. 8° ..... Batavia, 1879	Société R. des Sc. nat. des Indes hollandaises.
Annales de la Société entomologique de Belgique. T. XXII. 8°. Bruxelles, 1879	Société entomologique de Belgique.
Compte rendu. Série II, nos 69-72. 8°. ..... Bruxelles, 1879	
XXVme anniversaire de la Société entom. Assemblée générale extraordinaire, 16 octobre 1880. 8° ..... Bruxelles, 1880	
Philosophical Transactions of the Royal Society. Vol. 170, parts I et II; 171, part I. 4° ..... London, 1879-80	Société R. de Londres.
Proceedings, nos 197 à 205. 8°. ..... London, 1879-80	
List. 1879. 8°. ..... London, 1879	
Memoirs of the R. Astronomical Society. Vol. XLI (1879); XLIV (1877-79). 4° ..... London, 1879	Société R. astronomique de Londres.
Monthly Notices. Vol. XL, nos 2 à 9; XLI, no 1. 8°. London, 1879-80	
Report of the 48th Meeting of the British Association for the Advancement of Science. 8° ..... London, 1879	Association britannique pour l'avanc. des Sc.
Transactions of the Entomological Society of London. Vol. II, part I; Vol. IV, part III. 8°. ..... London, 1835 et 1846	Société entomologique de Londres.

Journal of the R. Geographical Society. Vol. XLVIII. 8°. London, 1878
Proceedings and Monthly Record. Vol. I, nos 6 à 12 et Index; II, no 1. 8°. London, 1879-80
— Société Royale de Géographie de Londres.

Quarterly Journal of the Geological Society of London, nos 138 à 140. 8°. London, 1879
List of the Geological Society. Nov. 1879. 8°. London, 1879
— Société géologique de Londres.

Transactions of the Linnean Society of London. 2d serie. Botany. Vol. I, parts VII à IX. 4°. London, 1880
Id., Zoology. Vol. II, part I. 4°. London, 1879
Journal of the Linnean Society. Botany, nos 103 à 107. 8°. London, 1879-80
Id., Zoology, no 80 à 83. 8°. London, 1879-80
List of the Linnean Society. Nov 1879. 8°. London, 1879
— Société Linnéenne de Londres.

Journal of the R. Microscopical Society. Vol. I; II, no 1; III, nos 1 à 6, 6a. 8°. London, 1878-80
— Société R. microscopique de Londres.

Transactions of the Zoological Society of London. Vol. X, part 12; XI, part. 2. 4°. London, 1879-80
Proceedings. 1879, parts I, II; 1880, I, II. 8°. London, 1879-80
Catalogue of the Library of the Zoological Society. 8°. London, 1880
— Société zoologique de Londres.

Proceedings of the Royal Institution of Great Britain. Vol. IX, parts I, II (nos 70 et 71). 8°. London, 1879
— Institution Royale de la Grande-Bretagne.

Nature. Nos 531 à 536; extra number (6 février); 537 à 542; 544 à 546; 548; 550 à 585. Grand 8°. London, 1880
— Rédaction.

Transactions of the Cambridge Philosophical Society. Vol. II, part II; X, parts I, II; XI, part I; XII, part III. 4°. Cambridge, 1826-79
Proceedings. Vol. I, nos 1, 2, 7 à 16, titre et table; II, parts 1, 2, 4, 7 à 16, titre et table; III, parts 3 à 7. 8°. Cambridge, 1843-79
— Société philosophique de Cambridge.

Transactions of the Royal Society of Edinburgh. Vol. XXVIII, part III; XXIX, part I. 4°. Edinburgh, 1879
Proceedings. Nos 6 à 8, 10 à 12, 16, 17, 29, 30. 8°. Edinburgh, 1835-47
Id., Session 1878-79 (Vol. X, no 103). 8°. Edinburgh, 1878-79
— Société Royale d'Édimbourg.

Transactions of the R. Irish Academy. Vol. XXVI (Science), no 22. 4°. Dublin, 1879
Transactions. Irish Manuscrit series. Volume I, part I. 4°. Dublin, 1880
Cunningham Memoirs. No 1. 4°. Dublin, 1880
Proceedings. Science. Vol. III, ser. II, no 4. 8°. Dublin, 1880
Id. Polite Litterature and Antiquities. Vol. II, ser. II, no 1. 8°. Dublin, 1879
— Académie Royale d'Irlande.

James Henry. Æneidea. Vol. II (continued). 8°. Dublin, 1879

Scientific Transactions of the Royal Dublin Society. New series. Vol. I. Memoirs, nos I à XII; vol. II, no I, parts 1 à 3. 4°. Dublin, 1877-80	Société Royale de Dublin.
Scientific Proceedings. New series. Vol. I; II, parts 1 à 2. 8°. Dublin, 1877-80	
Journal of the Asiatic Society of Bengal. Part I. Vol. XLVII, extra number; Vol. XLVIII, nos 1 à 4; Vol. XLIX, nos 1 à 3. 8°. Calcutta, 1879-80	Société asiatique du Bengale.
Id. Part II. Vol. XLVIII, nos 2, 3; Vol. XLIX, no 1. 8°. Calcutta, 1879-80	
Proceedings. 1879, nos 5 à 10 (Mai à Décembre); 1880, nos 1 à 6 (Janvier à Juin). 8°. Calcutta, 1879-80	
W. C. Hewitson et *F. Moore*. Descriptions of new Indian Lepidopterous Insects. Part I. 4°. Calcutta, 1879	
Memoirs of the Geological Survey of India. Vol. XV, part 2; Vol. XVI, part 1; Vol. XVII, parts 1 et 2. 8°. Calcutta, 1879-80	Commission géologique de l'Inde.
Records. Volume XII, parts 2, 3, 4; XIII, parts 1 et 2. 8°. Calcutta, 1879-80	
Palæontologia Indica. Ser. II. Vol. I, 4; ser. XIII, I, 1 et 2; ser. X, Volume I, parts IV, V; ser. XIV, Volume I, 1. Folio. Calcutta, 1879-80	
Transactions and Proceedings of the R. Society of Victoria. Vol. XVI. 8°. Melbourne, 1880	Société Royale de Victoria.
Transactions and Proceedings and Report of the Philosophical Society of Adelaide, for 1878-79. 8°. Adelaide, 1879	Société philosophique d'Adélaïde.
Mémoires de l'Académie royale de Copenhague. 5e série. Classe des Sciences. Vol. XI, no 6; XII, no 5. 4°. Copenhague, 1880	Académie Royale de Copenhague.
Bulletin, 1879, no 3 (Oct. à Déc.); 1880, no 1 (Janv. à Févr.). 8°. Copenhague, 1879-80	
Acta Universitatis Lundensis. Tomes XII, XIII, XIV. 4°. Lund., 1875-78	Université de Lund.
Minneskrift utgifven af Kongl. Fysiografiska Sällskapet i Lund med Anledning af dess Hundraarsfest. 4°. Lund, 1878	
Lunds Universitets-Bibliotheks Accessions-Katalog. 1876, 1877, 1878. 8°. Lund., 1877-79	
Nova Acta Societatis Scientiarum Upsalensis. Ser. III, Vol. X, fasc. 2. 4°. Upsal, 1879	Société R. des Sciences d'Upsal.
Bulletin météorologique mensuel de l'Observatoire de l'Université d'Upsal. Vol. VIII et IX (années 1876 et 1877). 4°. Upsal, 1877-78	
Tromsö Museums Aarshefter. II. 8°. Tromsö, 1879	Musée de Tromsö.
Mémoires de l'Académie imp. des Sciences de St-Pétersbourg. Tome XXVI, nos 1 à 14; Tome XXVII, nos 1 à 12. 4°. Saint-Pétersbourg, 1879-80	Académie impériale de Saint-Pétersbourg.
Bulletin. Tome XXVI, feuilles 1 à 36 (no 3 et dernier). 4°. Saint-Pétersbourg, 1880	

Annalen des physikalischen Central-Observatoriums. Jahrg. 1878. Th. I, II. 4°. ..... Saint-Pétersbourg, 1879	Observatoire physique central de Russie.
Acta Horti Petropolitani. Tome VI, fasc. 2.. Saint-Pétersbourg, 1880	Jardin botanique de St-Pétersbourg.
Bulletin de la Société impériale des Naturalistes de Moscou. 1879, nos 2 à 4; 1880, no 1, 2. 8°. ..... Moscou, 1879-80	Société Impériale des Naturalistes de Moscou.
Sitzungsberichte der Naturforscher-Gesellschaft bei der Universität Dorpat. Bd V, H. 2. 8°. ..... Dorpat, 1880	Société des Naturalistes de Dorpat.
Archiv für die Naturkunde Liv., Esth.- und Kurlands. 2te serie. Bd VIII, 4te Lief. 8°. ..... Dorpat, 1879	
Öfversigt af Finska Vetenskaps-Societetens Förhandlingar, XXI (1878-79). 8°. ..... Helsingfors, 1879	Société des Sciences de Finlande.
Acta Societatis scientiarum Fennicæ. T. XI. 4° .... Helsingfors, 1880	
Bidrag till Kännedom af Finlands Natur och Folk. Vol. 32. 8°. Helsingfors, 1879	
Observations météorologiques publiées par la Société des Sciences de Finlande. Années 1877 et 1878. 8°..... Helsingfors, 1879-80	
Abhandlungen der k. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Jahr 1879. 4°. ..... Berlin, 1880	Académie des Sciences de Berlin.
Monatsbericht. 1879, septembre à décembre; 1880, janvier à août. 8° ..... Berlin, 1879-80	
Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft. Bd. XXXI, H. 4; XXXII, H. 1, 2. 8°. ..... Berlin, 1879-80	Société géologique allemande.
Schriften der physikalisch-œconomischen Gesellschaft zu Königsberg. Jahrg. 18. Abthl. II à Jahrg. 21, Abthl. I. 4°. Königsberg, 1878-80	Société physico-économique de Königsberg.
Schriften der naturforschenden Gesellschaft in Danzig. Neue Folge. Bd IV, H. 4. 8° ..... Danzig, 1880	Société des Sciences nat. de Danzig.
Danzig in naturwissenschaftlicher und medicinischer Beziehung. 8° ..... Danzig, 1880	Comité de la 53e réunion des natur. allemands.
56ter et 57ter Jahresbericht der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur. 8° ..... Breslau, 1879-80	Société silésienne des Sciences naturelles.
General-Sachregister von 1804 bis 1876. 8° ..... Breslau, 1878	
Jahresbericht des Vereins für Naturwissenschaft in Braunschweig, für 1879-80. 8°. ..... Braunschweig, 1880	Société d'Hist. naturelle du Brunswick.
Verhandlungen des naturhistorischen Vereins der preussischen Rheinlande und Westfalens. Jahrg. XXXVI, 2; XXXVII, 1. 8°. ..... Bonn, 1879-80	Société des Sciences naturelles de la Prusse rhénane.
Nova Acta Academiæ C. L. C. Germ. Naturæ curiosorum. T. XL. 4°. ..... Halle, 1878	Académie des curieux de la nature.
Bericht über die Sitzungen der naturforschenden Gesellschaft zu Halle im Jahre 1879. 4° ..... Halle, 1879	Société des Sciences naturelles de Halle.
Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften. 3te Folge. 1879. Vol. IV (52). 8°. ..... Berlin, 1879	Société des Sc. naturelles de Saxe et Thuringe.

Sitzungsberichte der physikalisch-medicinischen Societät in Erlangen. Heft 11 (1878-1879). 8°. — Erlangen, 1879 — Société physico-médicale d'Erlangen.

Abhandlungen der mathem.-physischen Classe der kön.-sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Bd XII, n° 4. 8°. — Leipzig, 1880
Berichte über die Verhandlungen. Math.-phys. Classe. 1879. 8°. — Leipzig, 1880
Id. Philolog.-histor. Classe. 1879. 8° — Leipzig, 1880 — Société R. des Sciences de Saxe.

Abhandlungen der k. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Vol. XXV (1879). 4°. — Göttingen, 1879 — Société R. des Sciences de Göttingen.

Denkschriften der Jenaischen Gesellschaft für Medicin und Naturwissenschaft. Bd I, II, 1 à 4. 4°. — Jena, 1880
Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft. Bd XIV (Neue Folge, 7ter Bd). II. 1 à 4. 8°. — Jena, 1880
Sitzungsberichte der Jenaischen Gesellsch. für Medicin u. Naturwissenschaft für das Jahr 1879. 8°. — Jena, 1879 — Société de Médecine et d'Histoire naturelle de Iena.

Abhandlungen der Senckenbergischen naturforsch. Gesellschaft. Bd XI. H 4. 4° — Frankfurt a/M., 1879
Bericht über die Senckenbergische naturforsch. Gesellschaft, 1878-79. 8°. — Frankfurt a/M., 1879 — Société Senckenbergienne des Sciences naturelles.

Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg. Jahrg. XXXVI. 8°. — Stuttgart, 1880 — Société des Sciences nat. du Würtemberg.

Bericht über die Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg in B. Bd VII. H. 4. 8°. — Freiburg i. B., 1880 — Société des Sc. nat. de Fribourg en Brisgau.

Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse. 1879, nov. et déc.; 1880, janv. à oct. 8°. — Mulhouse, 1879-80 — Société industrielle de Mulhouse.

Abhandlungen der mathem.-physik. Classe der Akademie der Wissenschaften zu München. Bd XIII, Abthl. 3. 4°. München, 1880
Sitzungsberichte der math.-physik. Classe. 1875. H. 3; 1879. H. 3, 4; 1880. H. 1 à 4. 8°. — München, 1875, 1879-80
Karl A. Zittel. Ueber den geologischen Bau der Libyschen Wüste. Festrede. 4°. — München, 1880 — Académie Royale des Sc. de Bavière.

Verhandlungen der physikal.-medicinischen Gesellschaft in Würzburg. Neue Folge. Bd XIV, H. 1 à 4. 8°. — Würzburg, 1880 — Société physico-médicale de Würzbourg.

Vierter Jahresbericht des naturwissenschaftlichen Vereins zu Osnabrück für die Jahre 1876-80. 8°. — Osnabrück, 1880 — Société d'Histoire natur. d'Osnabrück.

Denkschriften der k. Akademie der Wissenschaften. Mathem.-naturw. Classe. Vol. XXXIX, XL, XLI, XLII. 4°. — Wien, 1879
Sitzungsberichte. Mathem.-naturw. Classe. 1ste Abthl Bd LXXVII, H. 5; LXXVIII, LXXIX, LXXX. 8°. — Wien, 1878-80
Id. 2te Abthl. Bd LXXVII, H. 4, 5; LXXVIII à LXXX; LXXXI, H. 1 à 3. 8°. — Wien, 1878-80
Id. 3te Abthl. Bd LXXVII à LXXXI, H. 1 à 3. 8°. — Wien, 1878-80 — Académie Impér. des Sc. de Vienne.

Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt. Jahrg. 1879. Bd XXIX, no 4; 1880, XXX, nos 1 à 3. 8°.....Wien, 1879-80 Verhandlungen. Jahrg. 1874, nos 14 et 15; 1879, nos 14 à 17, titre et table; 1880, nos 1 à 11. 8°.....Wien, 1874, 1879-80	Institut I. R. de Géologie de Vienne.
Verhandlungen der k. k. zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien. Jahrg. 1879. Vol. XXIX. 8°.....Wien, 1880	Soc. I. R. de Zoologie et de Botan. de Vienne.
Mittheilungen der k. k. geographischen Gesellschaft in Wien. 8°.....Wien, 1879	Société I. R. de Géographie de Vienne.
Astronomische, magnetische und meteorologische Beobachtungen an der k. k. Sternwarte zu Prag, im Jahre 1879. Jahrg. 40. 4°.....Prag, 1880	Observatoire I. R. de Prague.
Evkönyvek. XVI, 2, 4. 4°.....Budapest, 1878-79 Közlemenyek (Mathem. és Term.). XIV, XV, 8°...Budapest, 1877-78 Érlekezések a mathem.-tudomanyok köréből. VI, 2 à 9; VII, 1, 2, 4, 5; titres et tables des vol. V, VI. 8°.....Budapest, 1878-79 Érlekezések a természet-tudomanyok köréből. VIII, 8 à 15; IX, 1 à 19; titre et table du vol. VIII. 8°.....Budapest, 1877-79 Literarische Berichte aus Ungarn. 1878 (Vol. II), nos 1 à 4; 1879 (Vol. III), nos 1 à 4. 8°.....Budapest, 1878-79	Académie des Sciences de Hongrie.
Mittheilungen aus dem Jahrbuche der k. ungar. geolog. Anstalt. Bd III, H. 4. 8°.....Budapest, 1879	Institut géologique de Hongrie.
Reports of the Commissioner of Agriculture for the years 1875, 1876, 1877. 8°.....Washington, 1877-78 General Index of the Agricultural Reports of the Patent Office for 1837-61, and of the Department of Agriculture for 1862-76. 8°.....Washington, 1879 Zwei und dreissigster Jahresbericht der Staats-Ackerbaubehörde von Ohio... für das Jahr 1877. 8°.....Colombus, 1878	Département de l'Agriculture des États-Unis.
Bulletin of the U. S. Geological and Geographical Survey of the Territories. Vol. IV, no 4; V, nos 1 à 4. 8°. Washington, 1878-80 Report of the U. S. Geol. Survey of the Territories. Vol. XII. 4°.....Washington, 1879 Tenth Annual Report of the U. S. Geological and Geographical Survey of the Territories. 8°.....Washington, 1878 Eleventh Annual Report (embracing Idaho and Wyoming). 8°. Washington, 1879 Miscellaneous Publications, nos 11 et 12. 8°...Washington, 1878, 80 First Annual Report of the U S. Entomological Commission for the year 1877, etc. 8°.....Washington, 1878	M. F.-W. Hayden. Bureau géologique des États-Unis.
Annual Report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution for 1877. 8°.....Washington, 1878 Smithsonian Miscellaneous Collections. Vol. XIII, XIV, XV. 8°. Washington, 1878	Institution Smithsonienne.

Proceedings of the American Association for the Advancement of Science. Vol. XXIII, 1874 (23d Meeting); XXVI, 1877 (26th Meeting); XXVII, 1878 (27th Meeting). 8°. Salem, 1875, 1878, 1879	Association américaine pour l'avancement des sciences.
Bulletin of the Philosophical Society of Washington. Vol. I à III. 8° ..... Washington, 1874-80	Société philosophique de Washington.
Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences. New series. Vol. VI (XIV); VII (XV), part I. 8° ..... Boston, 1879-80	Académie américaine des Arts et des Sciences.
Memoirs of the Boston Society of Natural History. Vol. III, part I, nos I à III. 4° ..... Boston, 1878-79	Société d'Histoire naturelle de Boston.
Proceedings. Vol. XIX, parts III, IV; XX, parts I à III. 8°. Boston, 1878-80	
Occasional Papers of the Boston Society of Natural History. III. 8° ..... Boston, 1880	
Guides for Science-Teaching. Nos I à IV. 18° ..... Boston, 1878-79	
Bulletin of the Essex Institute. Vol. X (1878), nos 1 à 12 (Janv. à Déc.). 8° ..... Salem, 1878	Institut d'Essex.
Proceedings of the American Philosophical Society, nos 102 à 105 (Vol. XVIII). 8° ..... Philadelphia, 1878-80	Société philosophique américaine.
Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. 1878, 1879. 8° ..... Philadelphia, 1878-80	Académie des Sciences nat. de Philadelphie.
Annals of the Lyceum of Natural History of New-York. Vol. XI, nos 9 à 12. 8° ..... New-York, 1876	Académie des Sciences de New-York.
Annals of the New-York Academy of Sciences. Vol. I, nos 1 à 8 (Déc. 1877 à Déc. 1878). 8° ..... New-York, 1877-78	
Transactions of the Connecticut Academy of Sciences. Vol. V, part. I. 8° ..... New-Haven, 1880	Académie des Sciences du Connecticut.
The American Journal of Science and Arts, nos 94 à 121. 8°. New-Haven, 1878-80	Rédaction.
Annals of the Astronomical Observatory of Harvard College. Vol. I, parts I et II; II, part I; VI, VII, VIII, part I; XI, part II; XII. 4° ..... Cambridge, 1856-80	Observatoire de Harvard College.
Catalogue of 618 Stars observed at the Astron. Observ. 4°. Cambridge, 1880	
Thirty-fourth Annual Report of the Director of the Astron. Observat. of Harvard College. 8° ..... Cambridge, 1880	
Memoirs of the Museum of comparative Zoölogy at Harvard College. Vol. VI, no 1; VII, nos 1, 2, part I. 4° .... Cambridge, 1880	Musée de Zoologie comparée de Cambridge, Mass.
Bulletin of the Museum of comp. Zoölogy. Vol. I, nos 4, 5, 8; II, nos 2, 4, 5; III, nos 1, 3, 5, 6; V, nos 1, 15, 16 et titre; VI, nos 1 à 11; VII, no 1. 8° ..... Cambridge, 1865-79	
Annual Report of the Curator of the Museum of comp. Zoölogy for 1878-79. 8° ..... Cambridge, 1879	
S. H. Scudder. The entomological Libraries of the United-States. 8° ..... Cambridge, 1880	

Anales del Ministerio de Fomento. Tome III 8°.....Mexico, 1880
Boletin del Ministerio de Fomento. Tome V (incomplet). 4°. Mexico. 1879-80
Revista cientifica mexicana. Tome I (1880), nos 9, 10, 12. 4°. Mexico, 1880
} Ministerio de Fomento du Mexique.

Boletin de la Sociedad de Geografia y Estadistica de la Republica Mexicana. Tercera Epoca. Tome IV. 8°.....Mexico, 1879
} Société de géogr. et de statistique du Mexique.

Boletin de la Academia nacional de Ciencias de la Republica argentina. Tome III, livr. I. 8°.....Cordoba, 1879
} Académie nation. des Sc. de la Rép. Argentine.

Arthur W. Waters. Quelques roches des Alpes étudiées au microscope. Br. 8°.....Lausanne, 1880
} M. le prof. E. Renevier.

Prof. Domenico Ragona. Paolo Volpicelli. Cenno biografico. Br. 8°.....Modena, 1879
} Dr Rodolfo Volpicelli.

Georges-Gabriel Stokes. Mathematical and Physical Papers. Vol. I. 8°.....Cambridge, 1880
} Les Syndics de la « Cambridge University Press »

A. Preudhomme de Borre. Deux mémoires d'Entomologie. 8°. Bruxelles. 1880

Id. Quelques mots sur l'organisation et l'Histoire naturelle des animaux articulés. Br. 8°.....Bruxelles, 1880

Prof. Dor. Troisième Rapport annuel de la clinique ophthalmologique. 8°.....Lyon, 1879

A. Falsan et *E. Chantre.* Monographie géologique des anciens glaciers et du terrain erratique de la partie moyenne du bassin du Rhône. 2 vol. 8°, avec atlas in-folio.....Lyon, 1879-80

Prof. Fr.-A. Forel. 12 Mémoires 8° et 4°....Lieux divers, 1878-80

Rev. Samuel Haughton. 8 Mémoires sur divers sujets de mathématiques, de physique et de géologie. 8°.....Dublin, 1876-79

F.-V. Hayden. The great West : Its Attractions and Resources. 8°.....Philadelphia, 1880

A. Hirsch et *E. Plantamour.* Nivellement de précision de la Suisse. 7me livraison. 4°.....Genève, 1880

Jules Mac Leod. La structure des trachées et la circulation péritrachéenne. Br. 8°.....Bruxelles, 1880

Valère Liénard. Recherches sur le système nerveux des Arthropodes. Br. 8°.....Bruxelles, 1880

Dr H.-C. Lombard. Atlas de la distribution géographique des maladies. 4°.....Paris, 1880

Fr.-E. Nipher. Choice and Chance. Br. 8°.....Kansas City, 1880

Id. 5 Mémoires de Physique et de Physiologie. 8°...St-Louis et New-Haven, 1875-79

E. Plantamour. Remarques sur le Rapport présenté au Conseil d'État du Canton de Vaud..... sur l'écoulement du Rhône à Genève. 4°.....Genève, 1880

} Dons des auteurs.

E. Renevier. Orographie de la partie des Hautes-Alpes calcaires entre le Rhône et le Rawyl. Br. 8°.....Lausanne, 1880
Id. Rapport sur la marche du Musée géologique vaudois en 1879. Br. 8°.....Lausanne, 1880
Richard Rimmer. The Land and Freshwater Shells of the British Isles. 8°, pl.....London, 1880
Dr Robinsky. De l'influence des eaux malsaines sur le développement du typhus exanthématique. Br. 8°.....s. l., 1880
Dr Hermann Scheffer. Die Naturgesetze. 3ter Theil. Liefer. 6, 7, 8. 8°.....Leipzig, 1880
Samuel H. Scudder. 4 Mémoires sur les Insectes fossiles. 4° et 8°.....Boston, 1879-80
Id. A century of Orthoptera. 8°.....Boston, 1879
Id. Geography of North America. 8°.....s. l. ni d.
Jacob Spangberg. Entomologisk Tidskrift. Bd I, cahiers 1 et 2. 8°.....Stockholm, 1880
Filippo Trois. Deux mémoires sur l'anatomie des Poissons. Br. 8°. Venezia, 1880
Aug. H. Wartmann. Recherches sur l'Enchondrome. 8°, pl. Genève, 1880
Rudolf Wolf. Geschichte der Vermessungen in der Schweiz. 4°. Zurich, 1879

Dons des auteurs.

OBSERVATIONS LIMNIMÉTRIQUES

FAITES A GENÈVE

DE

1806 A 1880

RÉSUMÉES PAR

E. PLANTAMOUR

PROFESSEUR

Le présent mémoire a pour but de compléter un travail que j'avais publié, au commencement de l'année 1874, dans le tome XXIII des Mémoires de notre Société, sous le titre « *Notice sur la hauteur des eaux du lac, d'après les observations faites à Genève, de 1838 à 1875.* » Les matériaux dont je m'étais servi pour cette étude m'avaient été fournis par les tableaux publiés régulièrement dans les cahiers mensuels de la *Bibliothèque universelle*, et plus tard des *Archives des sciences physiques et naturelles*, qui donnent pour chaque jour la lecture du limnimètre, telle qu'elle est faite directement et sans aucune réduction. Comme les lectures avaient été faites pendant ce laps de temps à trois échelles différentes, placées dans des points différents, il fallait, pour les rendre comparables entre elles, ramener toutes les indications à celles données par l'une d'entre elles, en tenant compte par une correction de la position du zéro de chaque échelle, et de la pente d'un point à l'autre. Les observations publiées depuis l'année 1867 se rapportent au nouveau limnimètre du Jardin Anglais, auquel les observations des années antérieures ont été

réduites; l'échelle est divisée directement en centimètres, et le zéro correspond à la cote — 2^{m},845 au-dessous du repère fondamental de la pierre du Niton, ainsi qu'il résulte d'un grand nombre de comparaisons parfaitement concordantes. Le colonel Burnier avait proposé, il y a déjà un certain nombre d'années, de prendre comme point de départ commun de toutes les cotes du niveau de l'eau, dans les différentes parties du lac, un plan passant à — 3^{m} au-dessous du repère du Niton, et il m'avait semblé avantageux d'adopter aussi ce plan de départ dans le résumé des observations. Comme les cotes publiées dans les tableaux mensuels des Archives depuis 1867 se rapportent à la lecture directe de l'échelle, dont le zéro est à — 2^{m},845 au-dessous du repère du Niton, il fallait, par conséquent, ajouter la correction constante + 0^{m},155 pour les ramener à ce plan de comparaison. Il n'y avait ainsi aucun changement à faire aux chiffres publiés dans le premier mémoire pour les années 1867 à 1873, et je les ai complétés par l'adjonction des sept années suivantes 1874 à 1880.

Quant aux observations faites à partir du 1er janvier 1838 à l'ancien limnimètre du Grand-Quai, et à partir du 1er juin 1862 à l'échelle provisoire de l'île Rousseau, dont les indications peuvent être considérées comme étant identiques, j'ai calculé d'une manière un peu différente la correction nécessaire pour les ramener au limnimètre du Jardin Anglais, tout en me servant des mêmes données, c'est-à-dire des lectures faites tous les jours pendant 3 $^{1}/_{2}$ ans aux deux appareils. Au lieu de calculer la réduction en fonction de l'époque de l'année, et d'appliquer d'année en année la même correction pour le même mois, j'ai calculé la correction en fonction de la hauteur de l'eau, procédé moins commode et moins expéditif, mais plus exact, parce que la pente dépend directement du niveau de l'eau, qui peut changer dans les limites de plusieurs décimètres d'une année à l'autre pour le même mois. Il peut y avoir, dans les cas extrêmes, une différence de deux à trois centimètres, suivant que la réduction est calculée par l'un des procédés, ou par l'autre.

Ayant eu à ma disposition les registres des observations quotidiennes faites au limnimètre établi par M. Paul dans le bâtiment de l'ancienne machine hydraulique, j'ai pu faire remonter les observations limnimétriques à l'année 1806, mais pour une partie de l'année seulement, pour les mois d'été, juin, juillet, août et septembre. L'on peut bien, en effet, calculer, avec une assez grande approximation, la réduction de ce limnimètre à celui du Grand-Quai pendant la période des hautes eaux, et cela par la comparaison des lectures quotidiennes faites simultanément aux deux appareils pendant 7 ans, mais la chose n'est pas possible pendant la saison des basses eaux, par suite des circonstances spéciales de l'installation du limnimètre de M. Paul, sur lesquelles je reviendrai plus tard.

Il y a enfin une étude que je ne pouvais pas aborder dans mon premier mémoire, celle de la différence de niveau entre la surface du lac proprement dit, et celle du Rhône devant le Jardin Anglais ; en effet, le limnimètre de Sécheron n'était pas encore établi à cette époque, et l'on ne connaissait pas non plus les résultats du nivellement de précision de la Suisse, d'après lesquels la cote des repères de Vevey rapportée à celui de la pierre du Niton pouvait être déterminée. C'est par cette recherche que je commencerai; elle mettra en évidence une différence de niveau assez sensible pour mettre hors de doute le fait, que les observations faites à Genève, au limnimètre du Jardin Anglais, ne donnent pas le niveau réel du lac, et que par suite, le titre du premier mémoire n'était pas complètement justifié.

§ 1. Détermination de la différence de niveau entre la surface du lac et celle du Rhône devant le Jardin Anglais.

Les échelles qui m'ont servi pour cette comparaison sont le limnimètre de M. Philippe Plantamour à Sécheron, et le limnimètre à flotteur du port de Vevey. Quant aux comparaisons faites avec le premier de

ces appareils, j'ai déjà donné, dans un mémoire [1] publié l'été dernier, tous les détails des observations faites pendant plus de six ans, mars 1874 à juillet 1880 à Sécheron et au limnimètre du Jardin Anglais, ainsi que les formules d'interpolation déduites de ces observations, et les représentant à des écarts minimes près; la différence S — J A de niveau entre la surface du lac à Sécheron et celle du Rhône devant le Jardin Anglais est exprimée en fonction de la hauteur du lac à Sécheron. Ces formules ont été établies dans les deux alternatives, des hautes eaux, le barrage mobile étant supprimé, et des basses eaux le barrage mobile étant établi. Il suffira de reproduire ici ces formules, en me référant au mémoire cité pour tous les détails concernant les observations elles-mêmes :

Hautes eaux, barrage supprimé.... $S - JA = 7{,}192^{cm} + 3{,}441^{cm} (S - 2{,}195^{m})$
Basses eaux, barrage établi..... $S - JA = 1{,}767^{cm} + 1{,}790^{cm} (S - 1{,}209^{m})$

L'on aurait pu calculer, d'une manière analogue, les formules d'interpolation donnant la différence de niveau en fonction de la hauteur de l'eau devant le limnimètre du Jardin Anglais, au lieu de celle du lac à Sécheron, mais on peut arriver plus facilement au même résultat par une transformation des formules ci-dessus qui deviennent alors :

Hautes eaux, barrage supprimé.... $S - JA = 7{,}192^{cm} + 3{,}564^{cm} (JA - 2{,}123^{m})$
Basses eaux, barrage établi..... $S - JA = 1{,}767^{cm} + 1{,}823^{cm} (JA - 1{,}191^{m})$

Il est évident que le premier terme de ces formules renferme l'incertitude dont peut être affectée la cote du zéro de chacune des échelles rapportée au repère de la pierre du Niton, mais cette incertitude est, pour ainsi dire, insensible, vu la faible distance sur laquelle les opérations de nivellement s'étendent, et l'accord qu'elles présentent. Comme on

[1] Remarques sur le rapport présenté au Conseil d'État du canton de Vaud, par MM. Pestalozzi et Legler, sur l'écoulement du Rhône à Genève.

peut le voir dans la cinquième livraison du nivellement de précision de la Suisse, page 318, le repère ⊙A placé verticalement au-dessus du canal qui alimente le puits dans lequel se trouve le flotteur du limnimètre du Jardin Anglais, a été rattaché directement au repère de la pierre du Niton par deux opérations faites en sens inverse, et dont l'une donne la cote + 0m,2298, l'autre + 0m,2300, la distance entre les deux points étant de 412 mètres le long de la ligne de nivellement. De la différence de niveau mesurée directement entre ce repère ⊙A et la surface de l'eau, combinée avec la lecture simultanée de l'échelle du limnimètre, résulte par la moyenne de 11 observations exécutées de 1874 à 1880 la cote — 2m,845 pour le zéro de l'échelle, et les chiffres donnant le détail des opérations, insérés page 8 du mémoire cité plus haut, montrent que cette cote est certainement exacte à moins d'un millimètre près, si l'on a égard à ce que les deux seules observations s'écartant d'un petit nombre de millimètres de la moyenne ont été faites dans des circonstances défavorables, la surface de l'eau étant un peu agitée.

La ligne de nivellement entre le repère de la pierre du Niton et Sécheron a une longueur de 2km,66, et l'opération a été faite deux fois et en sens inverse: le repère en bronze NF 188, scellé verticalement au-dessus de l'échelle de M. Philippe Plantamour, est, d'après la première opération, à la cote + 0m,1987, d'après la seconde, + 0m,2003, la moyenne, + 0m,1995, est ainsi exacte à moins d'un millimètre près. Le zéro de l'échelle est à — 3m,200 au-dessous du repère NF 188 placé directement au-dessus, soit à — 3m,0005 au-dessous du repère de la pierre du Niton; en négligeant les fractions de millimètre, les lectures de l'échelle de Sécheron donnent ainsi, directement et à moins d'un millimètre près, la hauteur de l'eau rapportée au plan de comparaison adopté.

Pour les comparaisons faites avec un point situé à l'autre extrémité du lac, j'ai pu utiliser le relevé que M. l'ingénieur Gonin a eu l'obligeance de m'envoyer des observations quotidiennes, faites au limnimètre à flotteur installé dans le port de Vevey, pendant les quatre années 1871 à 1874. L'échelle étant divisée en anciens pouces fédéraux de 3 centi-

mètres, il y avait d'abord à traduire les lectures en mesure métrique, puis à appliquer la correction nécessaire pour les ramener au plan de comparaison de -3^m, d'après la cote du zéro de l'échelle. Le résumé des opérations qui ont servi à rattacher le repère de la pierre du Niton au repère en bronze NF 71, scellé sur le socle de la colonne du limnimètre de Vevey, est donné dans la 5me livraison du nivellement de précision de la Suisse, page 360; il en résulte pour la cote de ce repère $+0^m,5018$, chiffre dont l'exactitude ne peut pas être garantie à quelques millimètres près, les opérations de nivellement, même les plus précises, donnant lieu à une incertitude de cet ordre sur la différence de niveau entre deux points distants de plus de 80 kilomètres. Les six mesures directes de la différence de niveau entre le repère NF 71 et la surface de l'eau devant le limnimètre, combinées avec la lecture simultanée de l'échelle, donnent $-2^m,766$ pour la cote du zéro, en adoptant $+0^m,502$ pour celle du repère NF 71; ces six mesures, dont la première a été faite en 1870 par M. Benz, ingénieur de la commission géodésique, et les cinq autres au mois de décembre 1874 par les soins de M. l'ingénieur cantonal Gonin, s'accordent entre elles à un petit nombre de millimètres près. En ajoutant la correction $+0^m,234$ aux lectures de l'échelle de Vevey, pour ramener ses indications au plan de comparaison adopté, j'ai obtenu les chiffres inscrits dans le tableau suivant, qui donne pour chaque mois des années 1871 à 1874 la moyenne des observations quotidiennes faites au limnimètre de Vevey, et dans la colonne suivante la différence V — JA en centimètres, entre le niveau du lac à Vevey et celui du Rhône devant le Jardin Anglais. Un simple coup d'œil jeté sur ces chiffres accuse une variation de la différence V — JA correspondant à la hauteur de l'eau. Mais un calcul préliminaire a montré que les différentes valeurs de V — JA n'étaient pas représentées avec une exactitude suffisante par une seule formule d'interpolation, dans laquelle elles seraient supposées varier proportionnellement à la hauteur de l'eau marquée au limnimètre V, pour des valeurs de V comprises entre des limites aussi écartées que $2^m,52$ et $0^m,81$. Je

ne me suis pas occupé de chercher la loi suivant laquelle la différence V — JA variait en fonction de la hauteur V de l'eau; mon but était simplement de trouver des formules d'interpolation représentant les différences observées dans les limites de l'exactitude, que l'on peut leur attribuer. Ce but est atteint par la forme la plus simple que l'on puisse donner à cette fonction, c'est-à-dire en supposant que V — JA varie proportionnellement à V, à la condition que la même formule ne soit pas étendue à des valeurs de V comprises entre des limites trop écartées. Il y a un motif de plus pour calculer séparément une formule d'interpolation pour les hautes eaux, et une pour les basses eaux, savoir l'influence qu'exerce le barrage mobile, posé aux basses eaux, pour modifier la pente du Rhône à son issue du lac; il produit dans le voisinage immédiat de la Machine hydraulique une élévation de 15 à 20 centimètres, qui est réduite à 2 ou 3 centimètres devant le limnimètre du Jardin Anglais. Les observations faites aux basses eaux, le barrage mobile étant établi, sont marquées d'un astérisque dans le tableau suivant, et la formule d'interpolation a été calculée séparément d'après les observations correspondant à chacune de ces alternatives. Cette formule est très simple; si l'on désigne par M la moyenne arithmétique de toutes les valeurs observées de V — JA dans l'une des alternatives, et par H la moyenne arithmétique de toutes les valeurs correspondantes de V, l'on a :

$$V - JA = M + N(V - H)$$

la valeur de N étant calculée selon la méthode des moindres carrés par :

$$\frac{\Sigma (V - JA)(V - H)}{\Sigma (V - H)^2}$$

J'ai obtenu ainsi pour la formule d'interpolation dans les deux alternatives :

Hautes eaux, barrage supprimé ..... $V - JA = 5{,}63^{cm} + 4{,}259^{cm}(V - 1{,}936^{m})$
Basses eaux, barrage établi ..... $V - JA = 1{,}67 + 1{,}200(V - 1{,}187)$

C'est avec ces formules qu'ont été obtenus les chiffres insérés dans la colonne intitulée « Différence calculée ; » j'ajoute que la toute première observation, celle du mois de janvier 1871, qui s'écarte énormément, et dans un sens impossible, de toutes les autres, ce qui permet de supposer une erreur, a été laissée de côté.

	1871			1872			1873			1874		
	Limnimèt. Vevey.	DIFFÉRENCE VEVEY GENÈVE		Limnimèt. Vevey.	DIFFÉRENCE VEVEY GENÈVE		Limnimèt. Vevey.	DIFFÉRENCE VEVEY—GENÈVE		Limnimèt. Vevey.	DIFFÉRENCE VEVEY—GENÈVE	
		Observée.	Calculée		Observ.	Calculée		Observée.	Calculée		Observée.	Calculée
	m	cm	cm	m	cm	cm	m	cm	cm	m	cm	cm
Janvier...	*1.254	(—4.7)		*1.003	3.6	1.5	*1.322	1.6	1.8	*1.021	0.3	1.5
Février..	*1.250	0.5	1.7	*1.095	+0.6	+1.6	*1.179	+ 1.2	+1.7	*0.886	1.2	1.3
Mars....	*1.323	1.7	1.8	*1.224	+0.8	+1.7	*1.389	+ 2.7	+1.9	*0.813	0.6[1]	1.2
Avril....	*1.445	1.6	2.0	*1.285	+0.4	+1.8	1.534	+ 2.9	+3.9	*0.963	0.6	1.4
Mai.....	1.624	1.5	4.3	*1.435	2.8	2.0	1.420	5.0	3.4	*1.195	1.2	1.7
Juin.....	1.747	4.5	4.8	1.843	5.8	5.2	1.587	5.2	4.1	1.648	3.2	4.4
Juillet...	2.298	8.4	7.2	2.220	+6.0	+6.8	2.342	+ 6.7	+7.6	2.176	6.1	6.6
Août.....	2.379	8.1	7.5	2.517	+8.2	+8.1	2.521	+ 9.3	+8.1	2.417	6.8	7.7
Septembre	2.155	4.8	6.6	2.045	+3.2	+6.1	2.160	+10.2	+6.6	1.989	+6.0	+5.9
Octobre..	1.869	5.3	5.3	1.670	5.1	4.5	1.566	5.7	4.1	1.520	4.3	3.9
Novembre	*1.304	1.9	1.8	1.050	3.6	4.4	*1.234	2.3	1.7	*1.196	1.3	1.7
Décembre.	*1.065	3.1	1.5	1.579	4.8	4.1	*1.164	5.4	1.6	*1.319	1.4	1.8

Si l'on compare le chiffre de la différence observée V — JA, et celui de la différence calculée par ces formules, on trouve pour les vingt-deux mois d'observations faites aux basses eaux un écart moyen de $\pm 0^{cm},9$, et pour les vingt-cinq mois d'observations faites aux hautes eaux un écart moyen de $\pm 1^{cm},1$. L'on peut par conséquent considérer les formules comme représentant les observations à un centimètre près, c'est-à-dire dans les limites de leur exactitude, en ayant égard aux causes d'incertitude qui peuvent affecter la lecture faite une fois seulement par

[1] Au mois de mars 1874, l'on n'a comparé les deux limnimètres que pour les 11 derniers jours du mois, l'appareil de Genève ayant été dérangé les premiers jours et n'ayant été remis en état qu'à partir du 20.

jour dans chaque endroit, et à une heure différente, et qui sont encore appréciables dans les moyennes mensuelles. Les dénivellations accidentelles produites par les seiches atteignent fréquemment à l'extrémité inférieure du lac une amplitude d'un grand nombre de centimètres, et si celles qui sont causées par les vents n'atteignent pas une amplitude aussi considérable, elles peuvent néanmoins exercer une influence sensible sur les moyennes mensuelles, parce que la dénivellation dans le même sens peut porter sur un grand nombre de jours, suivant la direction du vent dominant pendant le mois. La bise produit toujours une élévation du niveau de l'eau à Genève, le vent du sud-ouest au contraire un abaissement.

L'on peut transformer également les formules précédentes, de façon à ce que la différence V — JA soit exprimée en fonction de la hauteur JA de l'eau devant le Jardin Anglais; elles deviennent alors :

Hautes eaux, barrage supprimé .... $V - JA = 5{,}63^{cm} + 4{,}449^{cm} (JA - 1{,}880^{m})$
Basses eaux, barrage établi..... $V - JA = 1{,}67 + 1{,}215 (JA - 1{,}170)$

La différence de niveau entre la surface de l'eau à Vevey et à Sécheron peut être obtenue d'une façon indirecte, à l'aide des comparaisons faites entre chacun de ces points et le limnimètre du Jardin Anglais; la comparaison directe ne pourrait porter que sur l'année 1874, la seule qui soit commune aux deux séries, et encore l'année n'est-elle pas complète, les observations au limnimètre de Sécheron ne commençant qu'au milieu du mois de mars. La moyenne de ces dix mois donne $V - S = + 0^{cm},22$. La comparaison indirecte peut être effectuée de la manière la plus simple en calculant, d'après les formules d'interpolation données ci-dessus, la hauteur de l'eau à Vevey et à Sécheron correspondant au niveau de l'eau au Jardin Anglais, et cela pour un certain nombre de valeurs échelonnées de deux en deux décimètres. On trouve ainsi :

	JA	V	S	V—S
	m	m	m	mm
Hautes eaux, barrage supprimé.....	2,80	2,897	2,896	+ 1
	2,60	2,688	2,689	— 1
	2,40	2,479	2,482	— 3
	2,20	2,270	2,275	— 5
	2,00	2,062	2,067	— 5
	1,80	1,853	1,860	— 7
	1,60	1,644	1,653	— 9
Basses eaux, barrage établi.....	1,60	1,622	1,625	— 3
	1,40	1,420	1,421	— 1
	1,20	1,217	1,218	— 1
	1,00	1,015	1,014	+ 1
	0,80	0,812	0,811	+ 1

Les différences de niveau V — S obtenues par cette comparaison indirecte ne s'élèvent en moyenne qu'à un petit nombre de millimètres, et elles prouvent que le niveau du lac est le même à Vevey et à Sécheron, dans les limites de l'exactitude que l'on peut attribuer aux données fournies par l'observation. Il se peut en effet, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer, que le chiffre de — 2^{m},766 adopté pour la cote du zéro de l'échelle de Vevey diffère de quelques millimètres de sa valeur réelle, par suite de l'incertitude sur la cote du repère NF 71; d'après le signe négatif de la plupart des valeurs de V — S, il est probable que le chiffre — 2^{m},766 est un peu trop fort. La prédominance du signe négatif serait écartée, même avec la cote déduite du nivellement direct pour le repère NF 71, si l'on adoptait la cote du zéro de l'échelle déduite de l'opération de M. Benz du 2 juin 1870, et celle de M. Gonin du 19 décembre 1874. Il faut avoir égard, en outre, à la circonstance que les formules d'interpolation ont été obtenues en très grande partie par des séries d'années différentes, pour la comparaison entre Vevey et le Jardin Anglais, et entre Sécheron et le Jardin Anglais; la valeur numérique des constantes a pu être influencée par la prédominance des circonstances tendant à produire une légère dénivellation dans un certain sens pendant une série d'années. On peut en trouver une confirmation dans le fait que, pour

l'année 1874, la seule pour laquelle la comparaison directe entre Vevey et Sécheron puisse être faite, le niveau de l'eau était en moyenne de deux millimètres plus élevé à Vevey qu'à Sécheron, tandis qu'une différence en sens contraire ressort de la moyenne des valeurs obtenues indirectement pour V — S.

La discussion des observations faites pendant près de dix ans, de 1871 à juillet 1880, permet d'établir les deux points suivants :

1° Il n'y a pas, d'une extrémité du lac à l'autre, de Vevey à Sécheron, de différence dans le niveau de l'eau pouvant être attribuée à une pente d'écoulement; la surface de l'eau est au même niveau dans toute l'étendue du bassin, aux dénivellations accidentelles près causées par les seiches et les vents;

2° La différence de niveau entre la surface du lac et celle de l'eau devant le Jardin Anglais donne la preuve d'une pente d'écoulement, accusée également par un courant sensible. C'est le banc du Travers qui doit être considéré comme le seuil, ou la limite du lac, parce qu'à partir de ce point le lit s'abaisse dans les deux sens opposés, et que le courant commence à se faire sentir. Tous les points situés en aval du banc du Travers font déjà partie du Rhône, et si le courant est moins fort dans le voisinage de ce banc, où le fleuve a encore une très grande largeur, que là où son lit est plus resserré, il n'en est pas moins très perceptible. En été, dans les mois de juillet et d'août, où la hauteur du Rhône au limnimètre du Jardin Anglais est en moyenne de $2^{m},07$ et $2^{m},14$, le niveau du lac est de 6 à 7 centimètres plus élevé, la différence peut aller jusqu'à 9 centimètres dans le cas de hautes eaux exceptionnelles. En hiver, dans les mois de février et de mars, où le limnimètre accuse seulement une hauteur de 1^{m}, la différence avec le niveau du lac est de 1 à 2 centimètres.

Jusqu'à quel point la différence de niveau entre le lac et le Rhône devant le Jardin Anglais, constatée par les observations des dix dernières années, peut-elle être supposée avoir été la même dans les années antérieures, et dans quelles limites un changement peut-il avoir été produit

par les constructions élevées à Genève dans les quarante ou cinquante dernières années ? Il est d'abord à remarquer qu'une différence de niveau a dû exister de tout temps, parce qu'il y a toujours eu un courant sensible à partir du banc du Travers, donnant la preuve d'une pente d'écoulement; le changement ne peut donc porter que sur une fraction de la différence actuelle. Il serait, en second lieu, difficile d'établir *à priori* dans quel sens le changement total a pu s'effectuer, parce que si les constructions élevées en amont du Jardin Anglais peuvent produire un changement dans le sens d'une augmentation de la différence de niveau primitive, celles exécutées en aval doivent produire un changement dans le sens inverse, celui d'une diminution de la différence primitive.

Toute diminution dans la surface d'écoulement d'un fleuve, causée par un obstacle quelconque, a pour conséquence nécessaire une élévation locale du niveau de l'eau en amont de l'obstacle, dont la limite est donnée par la condition que la quantité d'eau débitée par une surface moindre, mais avec une vitesse plus grande résultant de l'augmentation de pression, soit égale à la quantité d'eau débitée précédemment par une surface plus grande, mais avec une vitesse moindre. Cette surélévation atteint son maximum devant l'obstacle même, comme le montrent les bourrelets d'eau qui se forment en amont des piles d'un pont, et elle s'étend en amont en diminuant graduellement; la distance à laquelle elle est encore sensible dépend du chiffre de ce maximum, et de la pente qui existait précédemment dans cette partie du courant.

Pour toutes les constructions élevées en aval du Jardin Anglais, telles que les quais, les ponts, le barrage de la machine hydraulique, etc., qui ont pu produire une élévation locale de niveau, peut être encore sensible à la hauteur du Jardin Anglais, pour une partie d'entre elles du moins, pour le barrage mobile posé en hiver par exemple, l'effet sur le niveau du lac doit être beaucoup moins considérable. Dans le cas, par conséquent, où ces constructions auraient exercé une influence sensible sur la différence de niveau entre la surface du lac et celle du Rhône devant le Jardin Anglais, elles auraient amené une diminution de la différence

primitive. Il est nécessaire d'ajouter que, dans le cours des quarante ou cinquante dernières années, un certain nombre d'obstacles, qui obstruaient le lit du Rhône en aval du Jardin Anglais, ont été enlevés, ce qui a pu amener un changement dans le sens opposé.

Quant aux constructions élevées en amont du Jardin Anglais, la seule qui puisse entrer en ligne de compte est celle des jetées terminées en 1857. Le fleuve ayant une très grande largeur dans la section faite sur l'emplacement des jetées actuelles, la surface d'écoulement était très considérable, et par conséquent la vitesse moyenne très faible. Le débit de l'émissaire devait être beaucoup plus considérable dans la partie centrale, où la profondeur était plus grande, et où un courant plus prononcé accusait une plus grande vitesse, et les parties latérales près des bords ne pouvaient contribuer que pour une très faible part au débit total.

La construction des jetées a diminué considérablement la surface d'écoulement, mais en laissant libre la partie centrale qui contribuait précédemment pour la plus grande part au débit total; cette diminution de la surface d'écoulement est compensée par la vitesse plus grande avec laquelle l'eau s'écoule dans la large ouverture entre les jetées, et dans les deux petites ouvertures latérales, et dans ces endroits le courant est effectivement sensiblement plus fort qu'il ne l'était précédemment. Cette augmentation de vitesse ne peut avoir lieu que par suite d'une surélévation locale de l'eau en amont des jetées, mais nous ne possédons aucune donnée faisant connaître le chiffre de cette surélévation devant les jetées mêmes, et la distance en amont à laquelle elle est encore sensible. Si cette élévation locale est encore sensible au delà du banc de Travers, elle aura pu contribuer à augmenter la différence entre le niveau de la surface du lac et celle du Rhône devant le Jardin Anglais. Mais, d'un autre côté, on a enlevé en amont du Jardin Anglais d'autres obstacles qui obstruaient le lit du Rhône, en particulier les estacades servant à fermer le port, et dont le dernier rang n'a été enlevé qu'en 1854. L'espace libre entre les pieux, reliés entre eux par des chaînes, était assez petit pour produire une diminution très notable de la surface d'écoulement, leur enlèvement a

dû avoir pour conséquence une diminution du niveau en amont dans leur voisinage immédiat et, par suite, une diminution dans la différence de niveau entre la surface du lac et celle du Rhône devant le Jardin Anglais, si leur influence s'étendait au delà du banc du Travers.

Comme nous le disions en commençant, en présence de ces causes multiples pouvant amener, les unes une augmentation de la différence de niveau entre la surface du lac et celle du Rhône devant le Jardin Anglais, les autres, au contraire, une diminution de cette différence, il serait très difficile d'établir *à priori* le sens et la valeur numérique du changement qui a pu se produire à différentes époques, en raison des obstacles formés par les constructions nouvelles, ou de ceux que l'on faisait disparaître. Enfin, la valeur numérique du changement, quel qu'en soit le sens, ne peut porter que sur une fraction de la différence actuelle.

Les données expérimentales, qui pourraient seules trancher la question sans conteste, font malheureusement défaut; la comparaison des observations faites pendant une longue série d'années dans un port du lac et à Genève, ne peuvent servir à cette étude que dans ces deux alternatives: ou bien, que les échelles placées dans les deux endroits soient restées invariablement les mêmes, auquel cas il n'est pas nécessaire de connaître la position absolue de leur zéro par rapport à un plan quelconque, mais alors on ne pourra déterminer que les changements survenus dans la différence de niveau, mais non la valeur absolue de cette différence; ou bien, si les échelles ont été changées, ou si leur emplacement n'est pas resté le même, il faut qu'une connaissance très exacte de la cote du zéro aux différentes époques, et pour les différentes échelles, permette de rendre les observations comparables entre elles. Or, il n'existe, à ma connaissance, aucune série d'observations pouvant satisfaire à ces conditions.

§ 2. Observations limnimétriques faites de 1838 à 1880.

Ces observations sont extraites, ainsi que je l'ai dit en commençant,

des tableaux mensuels publiés dans la *Bibliothèque Universelle* et plus tard dans les *Archives;* pour les 14 dernières années, 1867 à 1880, elles se rapportent au limnimètre du Jardin Anglais, dont l'échelle est divisée en centimètres, le zéro étant à la cote — $2^{m},845$, l'on n'a eu ainsi qu'à ajouter la correction $+ 0^{m},155$ pour les ramener au plan de comparaison passant à 3^{m} en contre-bas de la pierre du Niton. Pour les observations antérieures faites de 1838 à mai 1862 au limnimètre du Grand-Quai, et de juin 1862 à décembre 1866 à l'échelle provisoire de l'île Rousseau, je me réfère aux détails donnés pages 7-9 de la première notice, qui montrent que les indications de ces deux appareils peuvent être considérées comme identiques. La réduction au limnimètre du Jardin Anglais, qui résulte des comparaisons faites entre cet appareil et l'échelle provisoire, peut, par conséquent, s'appliquer également au limnimètre du Grand-Quai. Lors de la construction de ce dernier instrument en 1837, le général Dufour avait conservé la division de l'échelle en pouces de roi, et les tableaux mensuels de la *Bibliothèque Universelle* donnent la lecture directe de l'échelle pour chaque jour; le général Dufour avait décidé également que le zéro de l'échelle serait à — 102 $^{1}/_{2}$ pouces, soit — $2^{m},775$ au-dessous du repère de la pierre du Niton. Jusqu'à quel point cette condition a-t-elle été réellement remplie dans l'exécution, c'est ce qu'il est impossible de savoir, parce que l'on ne trouve aucune mention et aucune trace d'opérations de contrôle, par lesquelles on se serait assuré que le zéro de l'échelle était effectivement à 102 $^{1}/_{2}$ pouces au-dessous du repère du Niton. Il se peut très bien que le général Dufour n'ait pas attaché une grande importance à faire une pareille vérification, qui n'a d'intérêt qu'autant qu'il s'agit de comparer le niveau de l'eau accusé en différents endroits par des limnimètres différents; tant que l'on se propose d'étudier les variations du niveau de l'eau au même endroit, et avec le même appareil, le choix du plan de comparaison est absolument arbitraire, et il n'est pas nécessaire de faire une déterminaison exacte de la cote rapportée à un point fixe quelconque.

La seule opération qui ait été faite, à ma connaissance, depuis l'établissement de ce limnimètre, est celle qui est rapportée dans le tome 1er du *Nivellement général de la France*. Les ingénieurs chargés de ce nivellement, sous la direction de M. Bourdaloue, ont poussé leurs opérations jusqu'à Genève en 1857, et ils ont raccordé le repère de la pierre du Niton, ainsi qu'un certain nombre de points dans l'intérieur de la ville et dans ses environs, avec la partie du réseau français se trouvant près de la frontière dans le département de l'Ain. Ils ont déterminé en particulier la différence entre le niveau de l'eau devant le Grand-Quai, près du limnimètre, et le repère de la pierre du Niton, et ils ont trouvé $1^m,902$ pour cette différence le 15 juin 1857, à 11 heures du matin, la lecture du limnimètre donnant au même moment 31 $^1/_4$ pouces, soit $0^m,846$. Il résulte de cette opération que le zéro de l'échelle du limnimètre ne serait pas à — 102 $^1/_2$ pouces, soit $-2^m,775$, mais à — 101 $^1/_2$ pouces, soit $-2^m,748$ au-dessous du repère du Niton; si l'on voulait adopter cette dernière donnée, comme étant le résultat d'une opération directe, la correction à appliquer aux lectures de l'échelle, converties en mesure métrique, pour les ramener au plan de comparaison de -3^m, serait $+0^m,252$, au lieu de $+0^m,225$.

Mais il est indifférent d'adopter l'une ou l'autre de ces corrections, lorsque le niveau de l'eau déduit des observations faites au limnimètre du Grand-Quai, ou à l'échelle de l'île Rousseau, doit être ramené à celui existant au même instant dans un autre point situé plus en amont dans le courant du fleuve, et lorsqu'il faut ajouter une correction pour tenir compte de la pente superficielle d'un point à l'autre. Cette réduction ne peut être faite que par la comparaison directe des lectures faites simultanément aux deux points, il importe seulement que le nombre des observations comparatives soit assez grand pour éliminer le plus complètement possible l'effet des dénivellations ou des erreurs accidentelles, et qu'elles soient faites dans des circonstances assez différentes pour qu'elles permettent de déterminer la loi suivant laquelle la pente peut varier. Comme les lectu-

res du limnimètre du Jardin Anglais, augmentées de + 0^{m},155, font connaître le niveau de l'eau dans ce point du courant, rapporté avec une grande exactitude au plan de comparaison de — 3^{m}, l'on pourra obtenir la réduction du niveau de l'eau devant le Grand-Quai, tel qu'il résulte des lectures de l'ancien limnimètre, à ce qu'il aurait été devant le Jardin Anglais, à l'aide d'une correction déduite des lectures simultanées faites aux deux appareils. Dans la réduction de ces observations comparatives, le zéro de l'échelle du limnimètre du Grand-Quai avait été supposé à la cote — 2^{m},775, et l'on avait appliqué en conséquence la correction + 0^{m},225 pour les ramener au plan de comparaison adopté; l'erreur possible sur cette cote, erreur que la détermination faite par les ingénieurs français rend assez probable, est renfermée dans la réduction totale, qui comprend à la fois et la pente d'un point à l'autre, et l'erreur sur la cote du zéro.

Les observations comparatives faites de juin 1864 à décembre 1867 sont renfermées dans le tableau suivant, qui donne pour chaque mois la moyenne mensuelle des lectures de l'échelle provisoire, ou, ce qui revient au même, du limnimètre du Grand-Quai Q, en pouces français et sans aucune correction pour le zéro de l'échelle; dans la colonne suivante intitulée JA—Q′ se trouve la différence exprimée en millimètres entre la moyenne correspondante des lectures du limnimètre du Jardin Anglais, réduite au plan de comparaison de — 3^{m}, et la moyenne Q′ pour le même mois, Q′ représentant la moyenne Q transformée en mesure métrique, et augmentée de la correction + 0^{m},225, adoptée jusqu'à présent. La moyenne arithmétique des 36 mois donne + 63^{mm},3 pour la valeur de JA—Q′ correspondant à la moyenne Q = 48^{p},7, et d'après la méthode des moindres carrés on trouve 1^{mm},184 pour le changement de JA—Q′ correspondant à 1 pouce, en sorte que la réduction est donnée par la formule :

$$JA - Q' = + 63^{mm}.3 + 1^{mm}.184\,(Q^{p} - 48^{p}.7)$$

C'est d'après cette formule que sont calculées les valeurs insérées dans la colonne suivante du tableau, intitulée JA—Q′ calculé.

DATE	Q	JA—Q′ Observé.	JA—Q′ Calculé.	ÉCART Calcul moins observat.
	p	mm	mm	mm
1864 Juin.....	57,0	+ 67	+ 73	+ 6
Juillet.....	65,9	+ 87	+ 84	— 3
Août.....	67,8	+ 80	+ 86	+ 6
Septembre..	56,9	+ 89	+ 73	— 16
Octobre....	39,6	+ 80	+ 53	— 27
Novembre...	36,2	+ 66	+ 48	— 18
Décembre...	33,7	+ 55	+ 45	— 10
1865 Janvier.....	29,9	+ 25	+ 41	+ 16
Février.....	39,0	+ 43	+ 52	+ 9
Mars.....	37,5	+ 46	+ 50	+ 4
Avril.....	35,6	+ 35	+ 48	+ 13
Mai.....	45,9	+ 71	+ 60	— 11
Juin.....	52,1	+ 89	+ 68	— 21
Juillet.....	58,7	+ 104	+ 75	— 29
Août.....	67,1	+ 72	+ 84	+ 12
Septembre..	66,5	+ 58	+ 84	+ 26
Octobre....	45,7	+ 57	+ 60	+ 3
Novembre ..	39,6	+ 56	+ 53	— 3
Décembre...	36,7	+ 45	+ 49	+ 4
1866 Janvier.....	34,6	+ 21	+ 47	+ 26
Février.....	42,7	+ 35	+ 56	+ 21
Octobre [1]...	57,2	+ 79	+ 73	— 6
Novembre ..	37,4	+ 46	+ 50	+ 4
Décembre...	42,6	+ 42	+ 56	+ 14
1867 Janvier.....	45,3	+ 42	+ 59	+ 17
Février.....	43,7	+ 59	+ 57	— 2
Mars.....	41,6	+ 60	+ 54	— 6
Avril.....	47,2	+ 66	+ 61	— 5
Mai.....	55,6	+ 78	+ 71	— 7
Juin.....	72,6	+ 89	+ 91	+ 2
Juillet.....	79,5	+ 86	+ 100	+ 14
Août.....	69,9	+ 92	+ 88	— 4
Septembre..	64,1	+ 88	+ 81	— 7
Octobre....	45,9	+ 85	+ 60	— 25
Novembre ..	33,1	+ 57	+ 45	— 12
Décembre...	28,9	+ 30	+ 40	+ 10
Moyenne de 36 mois	48,7	+ 63,3		

[1] La lacune de plusieurs mois en 1866 est due à un dérangement du nouveau limnimètre du Jardin

Si l'on fait la somme des carrés des écarts inscrits dans la dernière colonne, on trouve $\pm$ 9^{mm},8 pour la valeur probable d'un écart, et par suite $\pm$ 1^{mm},6 pour l'erreur probable de la correction + 63^{mm},3, correspondant à la valeur de Q égale à 48^{p},7, enfin $\pm$ 0^{mm},121 pour l'erreur probable de la variation de pente 1^{mm},184 correspondant à 1 pouce. L'erreur sur la variation n'est ainsi que la dixième partie de sa valeur, et ne dépasserait pas trois à quatre millimètres pour des valeurs de Q s'écartant de 30 pouces de la moyenne 48^{p},7.

L'on aurait pu peut-être diminuer un peu la valeur numérique des écarts entre le chiffre calculé par la formule, et celui donné par l'observation, si l'on avait partagé les observations en deux séries, correspondant l'une aux hautes eaux, l'autre aux basses eaux, pour chacune desquelles on aurait déduit une formule d'interpolation distincte. C'est ce que j'avais fait pour la comparaison avec Sécheron et avec Vevey, et ce qui aurait permis de tenir compte du petit changement de pente produit par la pose du barrage mobile aux basses eaux. Mais les limites dans lesquelles sont compris les écarts donnés ci-dessus, limites très rapprochées de celles que comporte l'exactitude des observations, montrent que l'amélioration obtenue par cette division aurait porté sur de très faibles quantités seulement; les formules d'interpolation calculées dans les deux alternatives auraient peut-être donné pour la réduction un chiffre un peu plus faible aux basses eaux, un chiffre un peu plus élevé aux hautes eaux, sans augmenter d'une manière sensible l'exactitude avec laquelle les observations sont représentées. Je remarque enfin que la réduction renferme l'erreur sur le chiffre adopté pour la cote du zéro du limnimètre du Grand-Quai; la partie de cette réduction tenant à la pente serait diminuée de 27 millimètres, si l'on adoptait la cote résultant des opérations des ingénieurs français.

Les tableaux mensuels publiés dans la *Bibliothèque Universelle* donnent

Anglais, sur lequel on trouvera les détails pages 14 et 15 de mon premier mémoire; le mouvement ascendant, ou descendant, de l'échelle était gêné par le frottement des anneaux le long des tringles servant à la guider, en sorte que la ligne de flottaison était déplacée.

pour chaque mois la moyenne Q des lectures faites au limnimètre du Grand-Quai et à l'échelle provisoire de l'île Rousseau, de 1838 à 1866; ces lectures ont été converties en mesure métrique, et l'on a ajouté, outre la correction de + 0^{m},225, d'après la cote adoptée du zéro de l'échelle, la correction JA—Q′ calculée d'après la formule d'interpolation donnée ci-dessus. En y ajoutant les 14 années (1867-80) des observations faites directement au limnimètre du Jardin Anglais, on trouve dans le tableau suivant, pour chaque mois de la période entière, le niveau du Rhône devant le Jardin Anglais, rapporté au plan de comparaison passant à trois mètres en contrebas de la pierre du Niton.

ANNÉES	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.	Moyenne de l'année.	Minimum mensuel.	Date.	Maximum mensuel.	Date.
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m		m	
1838	0,754	0,641	0,796	0,970	1,220	1,844	2,383	2,123	1,800	1,375	1,194	1,098	1,350	0,533	9 février	2,583	22 juillet
1839	0,703	0,550	0,663	0,787	1,027	1,598	2,205	2,262	1,994	1,813	1,291	0,919	1,318	0,473	18 février	2,477	26 juillet
1840	0,884	0,878	0,516	0,428	0,793	1,341	1,623	1,840	1,934	1,432	1,703	1,369	1,226	0,414	27 mars	2,140	18 sept.
1841	0,892	0,869	[illegible]	1,041	1,460	1,950	2,420	2,285	2,018	1,886	1,576	1,428	1,560	0,810	9 février	2,590	21 juill.
1842	1,047	0,663	0,832	1,086	1,262	1,745	2,336	2,394	2,054	1,556	1,404	1,355	1,478	0,570	22 février	2,583	26 juillet
1843	1,319	1,429	1,180	1,149	1,367	1,934	2,248	2,547	2,491	1,776	1,598	1,073	1,651	1,021	7 avril	2,618	10 août
1844	0,847	0,863	1,028	1,030	1,328	1,522	2,017	1,994	1,742	1,567	1,228	0,898	1,339	0,767	20 janvier	2,081	10 juillet
1845	0,784	0,760	0,901	0,960	0,945	1,494	2,092	1,969	1,644	1,508	1,011	1,138	1,265	0,711	22 février	2,194	16,5 juillet
1846	1,072	1,129	0,974	1,256	1,456	2,174	2,776	2,649	2,166	1,579	1,452	0,991	1,615	0,881	17-18 mars	2,886	17 juillet
1847	0,802	0,972	0,846	0,999	1,350	1,906	1,937	2,123	1,626	1,030	0,852	0,860	1,275	0,740	5-6 janvier	2,180	17 août
1848	0,827	0,824	1,138	1,202	1,211	1,609	2,008	1,906	1,551	1,030	1,056	0,994	1,280	0,740	5 février	2,095	8,5 juillet
1849	1,043	0,963	0,943	1,008	1,322	2,054	2,319	1,971	1,462	1,199	0,863	0,977	1,345	0,824	29 mai	2,477	26 juin
1850	0,934	1,058	0,937	0,863	0,844	1,482	1,867	1,821	1,580	1,059	0,915	1,044	1,191	0,739	4 avril	1,969	9 juillet
1851	0,986	0,926	0,794	0,963	1,014	1,268	1,739	2,296	1,969	1,377	0,974	0,830	1,261	0,767	16 mars	2,448	1 août
1852	0,838	0,901	0,773	0,855	0,917	1,160	1,654	2,219	2,158	1,951	1,437	1,121	1,332	0,711	28 janvier	2,477	24 août
1853	0,952	0,855	0,782	0,847	1,129	1,519	2,271	2,316	2,046	1,344	1,028	0,756	1,321	0,767	23 mars	2,435	5,5 août
1854	0,735	0,821	0,849	0,972	0,969	1,038	1,550	1,962	1,533	1,062	0,972	1,048	1,126	0,683	1 janvier	2,095	10,5 août
1855	1,000	1,005	1,121	1,146	1,177	1,702	2,120	2,031	1,912	1,556	1,440	1,005	1,434	0,881	31 janvier	2,180	10,5 juillet
1856	1,045	1,155	0,977	1,098	1,341	1,932	1,819	1,661	1,477	1,054	0,853	0,887	1,275	0,852	14-15 mars	2,011	1 juillet
1857	0,952	0,821	0,884	0,901	1,117	1,163	1,367	1,667	1,567	1,126	0,778	0,717	1,096	0,796	21 février	1,728	11 août
1858	0,621	0,609	0,722	0,963	0,957	1,089	1,344	1,485	1,282	1,065	0,963	1,065	1,014	0,598	22 février	1,545	19 août
1859	1,002	0,963	1,000	1,177	1,171	1,330	1,880	2,046	1,530	1,109	1,316	1,138	1,305	0,903	27-28 février	2,138	14,5 août
1860	1,101	0,937	0,997	1,194	1,380	1,787	1,971	1,838	2,044	1,739	1,259	1,132	1,448	0,830	2 février	2,175	5 septembre
1861	1,084	1,005	1,109	1,190	1,117	1,497	2,024	2,254	1,733	1,248	1,202	1,217	1,392	0,986	1 février	2,374	21 août
1862	1,017	1,132	0,943	1,025	1,073	1,404	1,576	1,861	1,697	1,273	1,226	1,019	1,263	0,909	21 mars	2,024	7 août
1863	0,989	1,095	1,152	1,248	1,313	1,748	2,058	1,980	1,977	1,705	1,254	1,123	1,470	0,881	1 janvier	2,110	8 juillet
1864	1,033	0,929	1,025	1,163	1,453	1,841	2,002	2,146	1,838	1,350	1,254	1,183	1,442	0,909	21 février	2,293	14 août
1865	1,075	1,333	1,291	1,236	1,528	1,701	1,888	2,127	2,110	1,521	1,351	1,268	1,536	1,050	16 janvier	2,293	31 août
1866	1,207	1,458	1,293	1,094	1,347	1,766	2,220	2,309	2,257	1,846	1,287	1,420	1,624	1,037	13 avril	2,438	16 août
1867	1,493	1,466	1,410	1,566	1,806	2,281	2,464	2,208	2,049	1,552	1,178	1,036	1,709	1,255	14 mars	2,583	5 juillet
1868	0,926	0,933	0,991	1,112	1,567	2,033	2,106	2,268	1,946	1,779	1,290	1,314	1,522	0,885	3 février	2,485	20 août
1869	1,436	1,212	1,176	1,187	1,460	1,841	1,891	2,098	1,792	1,372	1,072	1,202	1,478	1,095	10 avril	2,265	8 août
1870	1,062	0,919	0,932	0,967	1,248	1,723	2,023	2,172	1,761	1,432	1,764	1,554	1,463	0,875	2 mars	2,295	10 août
1871	1,301	1,245	1,306	1,429	1,609	1,702	2,214	2,298	2,107	1,816	1,285	1,034	1,642	1,155	7 février	2,485	1 août
1872	0,967	1,089	1,216	1,281	1,507	1,785	2,160	2,435	2,013	1,619	1,614	1,331	1,593	0,915	14 janvier	2,525	15 août
1873	1,306	1,167	1,362	1,505	1,370	1,535	2,275	2,428	2,058	1,509	1,211	1,110	1,570	1,105	18 février	2,545	2 août
1874	1,018	0,874	0,803	0,957	1,183	1,616	2,115	2,359	1,929	1,477	1,183	1,305	1,401	0,735	12 mars	2,450	16 août
1875	1,262	1,158	1,002	0,997	1,535	2,063	2,316	2,316	2,091	1,682	1,813	1,550	1,641	0,935	4 avril	2,412	15 juillet
1876	1,203	1,021	1,608	1,596	1,568	2,013	2,594	2,492	2,056	1,626	1,327	1,476	1,707	0,914	18 février	2,572	26 juillet
1877	1,441	1,422	1,367	1,407	1,647	2,352	2,625	2,442	2,142	1,332	1,242	1,393	1,732	1,265	27 mars	2,675	26 juillet
1878	1,306	1,172	1,181	1,516	1,838	2,191	2,272	2,205	2,205	1,524	1,455	1,370	1,678	1,017	28 février	2,535	1 septembre
1879	1,536	1,502	1,272	1,318	1,435	1,979	2,583	2,591	2,176	1,552	1,436	1,284	1,722	1,184	10 avril	2,704	16 juillet
1880	1,138	1,006	1,065	1,142	1,239	1,355	1,719	1,835	1,793	1,514	1,606	1,177	1,382	0,970	15 février	1,949	10 juillet
MOYENNES	1,045	1,016	1,024	1,112	1,290	1,699	2,071	2,144	1,877	1,463	1,254	1,149	1,429	0,863	25 février	2,325	août

DE 1806 A 1880. 169

L'on peut appliquer à ces données les formules déduites par Bessel pour les phénomènes périodiques, pour trouver la loi suivant laquelle le niveau de l'eau varie dans le courant de l'année; il importe seulement d'avoir égard à ce que la moyenne mensuelle ne correspond pas exactement au niveau de l'eau pour le milieu du mois, parce que la variation de niveau n'est pas uniforme, ce qui nécessite une petite correction, et à ce que les milieux de chaque mois ne sont pas séparés par des intervalles égaux. Si l'on veut par conséquent réaliser l'avantage que présente le calcul des constantes par la méthode des moindres carrés, lorsque les données sont réparties à des intervalles égaux, pendant la durée de la période, il y a lieu d'appliquer une correction pour tenir compte de l'inégalité dans la durée des mois. Il est plus commode de partager la période entière de l'année en 360°, et de réduire le chiffre obtenu pour la hauteur de l'eau correspondant au milieu de chaque mois, à celui qui correspond à l'époque voisine, de 15°, 45°, 75°, etc. Ces corrections, calculées d'après les formules données dans mon ouvrage sur le climat de Genève sont données dans le tableau suivant, ainsi que les valeurs réduites de h, et leur comparaison avec la formule déduite de ces dernières, savoir :

$$h = 1^{m},4312 + 0^{m},5434 \sin (M + 231°2') + 0^{m},1739 \sin (2M + 26°21',5) + 0^{m},0474 \sin (3M + 167°12')$$

	Moyennes mensuelles.	Correction.	M	h	Formule.	Écart form. observ.
	m	m	o	m	m	m
Janvier....	1,045	— 0,001	15	1,044	1,054	+ 0,010
Février....	1,016	— 0,003	45	1,013	1,006	— 0,007
Mars.....	1,024	0	75	1,024	1,028	+ 0,004
Avril.....	1,112	+ 0,001	105	1,113	1,106	— 0,007
Mai.....	1,290	+ 0,004	135	1,294	1,307	+ 0,013
Juin.....	1,699	+ 0,015	165	1,714	1,700	— 0,014
Juillet.....	2,071	+ 0,022	195	2,093	2,098	+ 0,005
Août.....	2,144	+ 0,014	225	2,158	2,167	+ 0,009
Septembre..	1,877	— 0,002	255	1,875	1,857	— 0,018
Octobre....	1,463	— 0,011	285	1,452	1,467	+ 0,015
Novembre..	1,254	— 0,007	315	1,247	1,244	— 0,003
Décembre..	1,149	— 0,001	345	1,148	1,141	— 0,007

La formule représente ainsi les valeurs observées du niveau avec un

écart moyen de $\pm$ 0^m,009, c'est-à-dire bien en dedans des limites de l'incertitude, qu'une série de 43 années d'observations laisse subsister sur les moyennes mensuelles. Si l'on a égard aux écarts très considérables que les circonstances atmosphériques peuvent produire sur le niveau de l'eau pendant le même mois, d'une année à l'autre, on ne peut pas s'attendre à une compensation plus approchée qu'à un ou deux centimètres près tout au plus, au bout de 43 ans, et l'on peut même regarder le chiffre donné par la formule comme se rapprochant plus de la vérité que celui donné par l'observation. L'on peut déduire aussi par la différentiation de cette formule, la variation dh de niveau, qui a lieu à une époque quelconque de l'année, pendant un intervalle dM exprimé en secondes; on a en effet :

$$dh = +0^m,5434 \cos(M + 231°2') d\,M \sin 1'' + 0^m,3478 \cos(2M + 26°21',5) d\,M \sin 1''$$
$$+ 0^m,1422 \cos(3M + 167°12') d\,M \sin 1''$$

Si l'on veut calculer la variation dans un jour, comme 1° correspond à un peu plus de 24 heures, il faudrait prendre $3600'' \times \frac{72}{73}$, c'est-à-dire 3551″ pour l'intervalle dM; je me servirai plus loin de cette formule. L'on peut s'en servir également pour calculer l'époque M de l'année à laquelle le niveau atteint sa valeur minimum et sa valeur maximum, ainsi que le chiffre du minimum et celui du maximum, on trouve ainsi :

M =	49°,55	20.3 février	Minimum	1^m,006
M =	214.78	6.9 août	Maximum	2.194

La moyenne des minima annuels observés est 0^m,863 avec la date du 25 février.

Celle des maxima annuels observés est de 2^m,325 avec la date du 3 août.

La différence entre les dates est peu considérable, si l'on a égard à ce que celle du minimum annuel a oscillé entre les limites du 1er janvier et

du 13 avril, c'est-à-dire d'un intervalle de 102 jours, dont le milieu correspond au 20 février, et celle du maximum annuel entre les limites du 30 juin et du 18 septembre, c'est-à-dire d'un intervalle de 81 jours, dont le milieu correspond au 8 août. Pour la même raison, le chiffre du minimum déduit de la moyenne des minima observés doit être plus faible que celui déduit de la formule, de même que le chiffre du maximum doit être plus élevé. Selon la variation normale déduite de la formule, la période d'accroissement est de 165 ,23, soit de 167,6 jours, celle de décroissement de 194°,77, soit de 197,4 jours. Il y a donc une différence de 30 jours entre les deux périodes, le niveau s'élevant plus rapidement qu'il ne s'abaisse; le maximum de la crue dépasse de $0^m,763$ le niveau moyen, tandis qu'aux basses eaux il est seulement de $0^m,425$ au-dessous du niveau moyen. Dans la variation normale ce niveau moyen est atteint le 29 mai, dans la période ascendante, et le 21 octobre dans la période descendante; c'est donc pendant 145 jours seulement que l'eau est au-dessus du niveau moyen, et pendant 220 jours qu'elle est au-dessous.

Pour suivre plus en détail la variation normale de niveau dans le courant de l'année, on peut calculer la valeur donnée par la formule pour des intervalles de M plus rapprochés, de 10° en 10° par exemple, comme je l'ai fait dans le tableau suivant, dans lequel j'ai inséré, d'après les observations de Genève, le chiffre correspondant de la température, pour chaque époque, et celui de la quantité d'eau qui tombe en moyenne par jour, à cette époque. Ces deux dernières données sont calculées par les formules suivantes extraites de mon ouvrage sur le climat de Genève, et elles reposent sur les observations faites pendant les cinquante années 1826-1875; pour la température :

$$t = 9°,347 + 9°,493 \sin(M + 253°37') + 0°,525 \sin(2M + 324°42') + 0°,137 \sin(3M + 286°6')$$

et pour la quantité d'eau qui tombe en moyenne par jour :

$$p = 2.230^{mm} + 0.7525^{mm} \sin(M + 215°0') + 0.362^{mm} \sin(2M + 225°6') + 0.228^{mm} \sin(3M + 1°6')$$

M	ÉPOQUE DATE		Niveau du Rhône.	Température moyenne.	Hauteur de l'eau tombée en moyenne par jour.
			m	°	mm
5	6.1	Janvier. . .	1,086	— 0.31	1.512
15	16.2	»	1,054	— 0.25	1.468
25	26.4	»	1,031	+ 0.10	1.438
35	5.5	Février.	1,015	+ 0.72	1.414
45	15.7	»	1,007	+ 1.57	1.390
55	25.8	»	1,007	+ 2.58	1.380
65	7.9	Mars .	1,014	+ 3.71	1.395
75	18.1	»	1,028	+ 4.95	1.453
85	28.2	»	1,047	+ 6.26	1.565
95	7.4	Avril. . .	1,067	+ 7.65	1.732
105	17.5	»	1,106	+ 9.05	1.939
115	27.7		1,153	— 10.51	2.160
125	7.8	Mai.	1,219	+ 11.97	2,364
135	18.0	»	1,307	+ 13,42	2,520
145	28.1	»	1,419	+ 14,78	2,603
155	7.3	Juin.	1,553	+ 16,04	2,611
165	17.4	»	1,700	+ 17,10	2,551
175	27.5	»	1,849	+ 17,96	2,453
185	7.7	Juillet.	1,991	+ 18,55	2,354
195	17.8	»	2,098	+ 18,86	2,292
205	28.0	»	2,169	+ 18,86	2,300
215	7.1	Août.	2,193	+ 18,57	2,390
225	17.3	»	2,167	+ 17,97	2,558
235	27.4	»	2,096	+ 17,12	2,776
245	6.5	Septembre . .	1,987	+ 16,02	3,003
255	16.7	»	1,857	+ 14,68	3,195
265	26.8	»	1,718	+ 13,16	3,311
275	7.0	Octobre.	1,580	+ 11.48	3,322
285	17.1	»	1,467	+ 9,72	3,221
295	27.3	»	1,371	+ 7.90	3,022
305	6.4	Novembre. . .	1,298	+ 6,11	2,752
315	16.6	»	1,244	+ 4.40	2,453
325	26.7	»	1,203	+ 2.89	2,161
335	6.8	Décembre. . .	1,170	+ 1.62	1,911
345	16.9	»	1,141	+ 0.64	1,720
355	27.0	»	1,111	0.00	1,591
		Moyenne.	1,431	+ 9.35	2,230

La variation annuelle de ces trois éléments peut être représentée d'une manière plus commode par un procédé graphique, à l'aide de courbes

tracées d'après les chiffres du tableau ci-dessus, c'est ce que j'ai fait dans la planche I; le trait horizontal, qui coupe chacune des trois courbes, correspond à la valeur moyenne annuelle de chacun des éléments, savoir $1^{m},431$ pour le niveau de l'eau, $+9°,35$ pour la température, et $2^{mm},230$ pour la quantité de pluie qui tombe en moyenne dans 24 heures. Un simple coup d'œil jeté sur cette planche montre que la courbe du niveau de l'eau se rapproche beaucoup plus de celle de la température que de celle de la pluie; cette dernière présente une double oscillation dans l'année, et en particulier un abaissement à partir du commencement de juin jusque vers le 20 juillet, qui ne se trouve pas dans les deux autres courbes; la courbe de la pluie montre un accroissement considérable vers la fin de l'été, et elle atteint son maximum au commencement d'octobre, tandis que les deux autres courbes montrent un abaissement considérable à cette époque de l'année. C'est en hiver que les trois courbes se rapprochent le plus, le minimum ayant lieu dans cette saison pour les trois éléments, mais plus tôt pour la température que pour le niveau de l'eau et pour la pluie.

Que la variation annuelle du niveau de l'eau dépende essentiellement de la température, est une chose toute naturelle, si l'on a égard à ce que la surface du bassin, qui alimente les affluents du lac, est près de 14 fois (13,8) plus grande que la surface même du lac, et à ce qu'une partie très considérable de ce bassin d'alimentation est à une altitude telle que les précipitations atmosphériques se font sous forme de neige pendant une partie plus ou moins longue de l'année; les glaciers seuls occupent une surface de plus de 1000 kilomètres carrés, soit 1,8 celle du lac. Tandis que l'effet des précipitations aqueuses sur le niveau du lac ne peut se produire immédiatement que pour celles qui ont lieu directement sur le lac même, et, au bout d'un certain intervalle de temps, pour les précipitations ayant lieu sous forme de pluie dans les parties moins élevées du bassin d'alimentation, l'effet des précipitations ayant lieu sous forme de neige se produira seulement lorsque la température se sera assez élevée pour amener la fonte. Un autre point, qu'il importe de ne pas perdre de vue,

est que le lac ne peut pas être considéré comme un simple élargissement du lit de son principal affluent, le Rhône; en effet, sa surface est, comme nous l'avons vu au même niveau à son extrémité supérieure à Vevey, et à son extrémité inférieure à Sécheron, et c'est à partir du banc du Travers seulement que le niveau s'abaisse, et qu'il y a une pente d'écoulement. Lorsque des pluies abondantes, ou la fonte des neiges et des glaciers, augmentent la quantité d'eau qui entre dans le lac, le niveau de celui-ci ne s'élève pas exactement en proportion de l'excédent du volume d'eau entré, parce que la quantité d'eau qui s'écoule par l'émissaire est également augmentée, par suite de la pression plus considérable exercée par l'élévation du niveau. Mais cette augmentation de débit est très faible, il résulte des opérations de jaugeage de MM. Pestalozzi et Legler que le débit n'augmente pas même de trois mètres cubes par seconde (2^{m},761), en raison de la pression plus forte exercée par une élévation de un centimètre dans le niveau du lac, ce qui représente un volume de 238550 mètres cubes dans 24 heures. Mais une élévation de niveau de un centimètre sur la surface du lac correspond à un volume de 5778600 mètres cubes, c'est-à-dire plus de 24 fois plus grand; il faudrait par conséquent plus de 24 jours, en supposant que l'augmentation de débit de 238550 mètres cubes par jour se maintint pendant tout ce temps, pour l'écoulement du volume d'eau correspondant à une élévation d'un centimètre sur le niveau.

Les variations dans le niveau du lac dépendent ainsi essentiellement des variations dans la quantité d'eau qu'il reçoit, dont l'effet n'est modifié que dans une proportion minime par les variations dans l'écoulement; à une variation de $\pm$ 66,88 mètres cubes par seconde dans la quantité d'eau entrée, correspondrait une variation dh, dans le niveau, de $\pm$ 1 centimètre au bout de 24 heures, si le débit restait le même. Mais le débit varie de $\pm$ 2,76 mètres cubes par seconde, pour $dh = \pm 1$ centimètre, et comme c'est au bout de 24 heures seulement que la variation totale de niveau aurait été d'un centimètre, d'un demi-centimètre par conséquent en moyenne pendant cet intervalle, la variation dh

n'aura pas été tout à fait d'un centimètre; elle aura été plus faible dans le rapport de 65,50 (66,88 - 1,38) à 66,88, c'est-à-dire de $9^{mm},793$. Ainsi, une variation de $\pm$ 66,88 mètres cubes par seconde dans l'entrée ne produit, au bout de 24 heures, sur le niveau du lac, qu'une variation de $\pm$ $9^{mm},793$, au lieu d'un centimètre, par suite de la variation dans l'écoulement; celle-ci n'exerce donc qu'un effet minime. L'on peut, en d'autres termes, regarder les variations du niveau du lac comme dépendant uniquement des variations de la quantité d'eau qui entre, à la condition que la variation *dh* de $\pm$ 1 centimètre par jour corresponde à une variation de $\pm$ 68,26 mètres cubes par seconde. La baisse rapide du lac d'un jour à l'autre, à la fin de l'été et en automne, est due à la diminution très considérable de l'entrée, conséquence de l'abaissement de la température, et cela malgré l'augmentation dans la quantité de pluie.

Est-il possible de trouver la relation suivant laquelle l'entrée de l'eau dans le lac, ou l'apport en mètres cubes par seconde, varie en fonction de la température et de la quantité de pluie ? Une pareille recherche devrait être basée sur des données représentant les circonstances météorologiques pour l'ensemble du bassin de réception, c'est-à-dire déduites des observations poursuivies pendant une longue série d'années dans un grand nombre de stations convenablement reparties sur toute la surface du bassin, et non pas dans une seule station, située, comme Genève, à son extrémité. Mais, sauf le Grand St-Bernard, il n'y a pas d'autres stations dans le bassin où des observations régulières et continues aient été faites pendant un nombre d'années suffisamment long, pour que l'on puisse en déduire la température normale et la quantité normale de pluie ou de neige aux différentes époques de l'année. D'un autre côté, si on base cette recherche, comme j'ai essayé de le faire, sur la différence dans l'apport d'eau à deux époques de l'année, et sur la différence dans la température et dans la quantité d'eau tombée à ces deux époques, il y a beaucoup moins d'inconvénient à ne faire usage que des données fournies par une seule station comme Genève, parce que les différences dans la température et dans la quantité d'eau tombée, correspondant aux mêmes époques dans

l'année, présentent une grande analogie dans toute l'étendue du bassin, tandis que les chiffres représentant la valeur absolue de ces éléments météorologiques diffèrent considérablement d'une station à l'autre. Mais ces essais n'ont pas abouti à cause de l'importance très grande de facteurs qu'il faut prendre en considération dans cette recherche, et dont il est impossible d'apprécier numériquement l'influence. Voici comment j'avais procédé en partant du principe incontestable, que le débit du Rhône à Genève est le même à deux époques où la hauteur du lac, ou du Rhône devant le Jardin Anglais, est la même, quel que soit d'ailleurs le nombre de mètres cubes par seconde représentant ce débit. J'avais calculé, d'après la formule donnée ci-dessus, page 170, l'époque de l'année M, à laquelle, soit pendant la période d'accroissement, soit pendant la période de décroissement, la hauteur *h* de l'eau au limnimètre du Jardin Anglais passait par des valeurs échelonnées de décimètre en décimètre, comme on peut le voir dans le tableau suivant, de même que la valeur *dh* en centimètres, de la variation de niveau en 24 heures, calculée par la formule différentielle. Si l'on compare entre elles deux époques auxquelles le niveau de l'eau est le même, *dh* positif dans la période ascendante, multiplié par 66,88, donne le nombre de mètres cubes dont l'apport par seconde dépasse le débit, soit A —D; *dh* négatif dans la période descendante, multiplié par 66,88, donne le nombre de mètres cubes dont le débit par seconde dépasse l'apport, soit D —A′, et comme D est le même dans les deux cas, on peut en déduire la différence A—A′ de l'apport à ces deux époques, qui doit être exprimée en fonction de la différence $t-t'$ de la température, et de la différence $p-p'$ de la quantité de pluie à ces deux époques. Le tableau renferme, à cet effet, les valeurs de la température et de la quantité de pluie pour chaque époque. Si l'on prend, par exemple, les deux époques M = 114°,47 et M = 341°,95, auxquelles le niveau de l'eau est le même, c'est-à-dire 1^{m},15, *dh* dans la période ascendante + 0^{cm},540, ce qui donne A—D′ = + 36^{m3},1; *dh* dans la période descendante — 0^{cm},291, ce qui donne D —A′ = + 19^{m},5, la différence A—A′ de l'entrée à ces deux époques

DATE		M	h(JA)	dh dans 24 h.	t	dt dans 24 h.	p	dp dans 24 h.	Excédent de l'entrée s^r le débit p^r seconde	HS	Débit.	Entrée.
				Période ascendante.								
		m	m	cm	°	°	mm	mm	m3	m	m3	m3
29.3	Mars	86,20	1,05	+0,220	6,40	0,134	1,582	+0,0145	+14,7	1,065	149,6	164,3
27.2	Avril	114,47	1,15	+0,540	10,44	0,144	2,149	+0,0216	36,1	1,167	177,8	213,9
11.7	Mai	128,87	1,25	+0,843	12,53	+0,142	2,453	+0,0161	56,4	1,269	206,0	262,4
22.1	Mai	139,07	1,35	1,085	13,98	0,135	2,554	+0,0091	72,6	1,371	234,1	306,7
30.5	Mai	147,43	1,45	+1,268	15,09	+0,126	2,608	+0,0026	84,8	1,485	265,6	350,4
7.1	Juin.....	154,79	1,55	1,396	16,01	+0,115	2,611	—0,0028	93,3	1,588	294,0	387,3
14.1	Juin.....	161,68	1,65	+1,469	16,78	+0,103	2,571	—0,0069	98,2	1,691	322,5	420,7
20.8	Juin.....	168,33	1,75	1,485	17,43	+0,089	2,524	—0,0095	99,3	1,809	355,1	454,4
27.5	Juin.....	175,07	1,85	1,440	17,96	+0,072	2,446	—0,0104	96,3	1,912	383,5	479,8
4.9	Juillet ...	182,17	1,95	+1,319	+18,42	+0,053	2,378	—0,0095	88,2	2,016	412,2	500,4
13.1	Juillet ...	190,32	2,05	+1,090	+18,75	+0,030	2,320	—0,0059	72,9	2,119	440,7	513,6
21.6	Juillet ...	201,60	2,15	+0,639	+18,89	—0,003	2,293	+0,0020	+42,7	2,222	469,1	511,8
				MAXIMUM								
6.9	Août.....	214,78	2,194	0	+18,55	—0,047	2,387	+0,0128	0	2,268	481,8	481,8
				Période descendante.								
20.4	Août.....	228,07	2,15	—0,636	+17,74	—0,079	2,618	+0,0209	—42,5	2,222	469,1	426,6
1.1	Septembre	239,60	2,05	—1,061	+16,63	—0,108	2,890	+0,0228	—71,0	2,119	440,7	369,7
9.5	Septembre	247,99	1,95	—1,254	+15,64	—0,127	3,066	+0,0202	—83,8	2,016	412,2	328,4
17.4	Septembre	255,68	1,85	—1,359	+14,57	—0,143	3,205	+0,0152	—90,9	1,912	383,5	292,6
24.4	Septembre	262,66	1,75	—1,372	+13,54	—0,155	3,295	+0,0089	—91,8	1,809	355,1	263,3
1.8	Octobre ..	269,93	1,65	—1,319	+12,36	—0,165	3,318	+0,0012	—88,2	1,691	322,5	234,3
9.8	Octobre ..	277,77	1,55	—1,201	+11,00	—0,173	3,307	—0,0075	—80,3	1,588	294,0	213,7
18.7	Octobre ..	286,63	1,45	—1,021	9,43	—0,178	3,196	—0,0168	—68,3	1,485	265,6	197,3
29.8	Octobre ..	297,56	1,35	—0,776	+ 7,45	—0,178	2,961	—0,0254	—51,9	1,371	234,1	182,2
15.2	Novembre.	313,63	1,25	—0,475	4,63	—0,162	2,493	—0,0299	—31,8	1,269	206,0	174,2
13.9	Décembre.	341,95	1,15	—0,291	0,87	—0,091	1,772	—0,0176	—19,5	1,167	177,8	158,3
17.5	Janvier...	16,45	1,05	—0,250	— 0,23	+0,024	1,505	—0,0032	—16,7	1,065	149,6	132,9
				MINIMUM								
20.3	Février ..	49,55	1,006	0	2,06	+0,099	1,376	—0,0013	0	1,020	137,2	137,2

sera $55^{m3},6$, correspondant à une différence $t—t'$ dans la température de $+ 9°,57$, et à une différence $p—p'$ de la quantité d'eau tombée de $+ 0^{mm},677$. L'on aurait de même, par la comparaison des deux époques auxquelles le niveau de l'eau passe par la cote $1^m,65$, $A—A' = 186^{m3},4$, la différence $t—t'$ des températures $+ 4°,42$, la différence $p—p'$ de la quantité de pluie $— 0^{mm},747$; enfin, comme troisième exemple, par la

comparaison des deux époques auxquelles le niveau de l'eau passe par la cote $2^m,15$, $A-A' = 85^m,2$, la différence $t-t'$ des températures $+ 1°,15$, la différence $p-p'$ de la quantité de pluie $- 0^{mm},325$.

La même comparaison pourrait être faite pour les autres valeurs de h inscrites dans ce tableau, mais l'on voit facilement, d'après les trois exemples cités, qu'il est impossible d'exprimer $A-A'$ en fonction de $t-t'$ et de $p-p'$, si l'on n'introduit pas un facteur, par lequel on tienne compte de la manière très différente dont le même chiffre pour le degré de la température influe sur l'apport d'eau, suivant l'époque de l'année à laquelle cette même température est atteinte. La quantité d'eau produite par la fonte de la neige sur les montagnes ne dépend pas seulement du degré de la température, mais de la surface occupée par les neiges sur laquelle la température exerce son effet, et cette surface va en diminuant rapidement, à mesure que l'on s'avance du printemps vers l'été. Au milieu de l'été, cette surface est restreinte aux glaciers proprement dits, et à la partie de la chaîne s'élévant au-dessus de la limite des neiges éternelles. Si l'on prend deux époques dans l'année, pour lesquelles le chiffre de la température soit le même, comme cela a lieu, par exemple, pour $+ 13°,0$ le 15 mai et le 27 septembre; à la première de ces deux époques, la limite inférieure de la région recouverte par la neige est encore assez peu élevée pour que celle-ci occupe une surface assez considérable, tandis qu'à la seconde de ces époques la surface est beaucoup moins étendue. Il faudrait tenir compte en outre de la circonstance que lors même que la température est au printemps de plusieurs degrés au-dessus de 0, à Genève et dans la plaine, elle est encore au-dessous de 0 sur une grande partie de la surface couverte par les neiges.

Il est donc impossible d'établir une relation entre la température et l'apport d'eau fourni par la fonte des neiges, tant que l'on ne peut pas tenir compte par un facteur numérique du rapport existant à chaque époque de l'année entre la surface totale du bassin de réception, et la portion recouverte de neige, non pas telle année en particulier, mais dans la moyenne d'un grand nombre d'années. Je ne crois pas que l'on

possède les données nécessaires pour arriver à une évaluation même approximative de ce rapport, et encore faudrait-il tenir compte de ce que, pour les glaciers proprement dits, l'action de la température est, à degré égal, très différente, selon qu'elle s'exerce sur la neige, dont ils sont recouverts au commencement de la saison, ou sur la glace même plus tard dans l'été. Une difficulté analogue se présente pour la quantité d'eau tombée : à deux époques de l'année, où elle est sensiblement la même, comme par exemple vers la fin de juin, et au milieu de novembre, la précipitation sous forme de pluie a lieu sur une surface beaucoup plus considérable à la première de ces époques, que pour la seconde ; il faudrait par conséquent tenir compte par un facteur du rapport entre la surface totale du bassin, et celle sur laquelle la précipitation a lieu en moyenne sous forme de pluie, à chaque époque de l'année. C'est cette dernière seulement, et encore pour la partie provenant de l'écoulement superficiel, qui peut influer sur la quantité d'eau amenée au lac par ses affluents au bout d'un court intervalle de temps; quant à la partie qui pénètre par infiltration à une profondeur plus ou moins considérable, suivant la nature du sol, et qui sert à alimenter les sources, ce n'est qu'au bout d'un intervalle de temps plus ou moins long, et qu'il serait impossible d'apprécier, que le volume d'eau charrié par les affluents en est affecté. Même pour les précipitations ayant lieu sous forme de pluie, l'apport d'eau dans le lac à une certaine époque de l'année ne dépend pas de la quantité de pluie tombée à cette époque, mais à une époque antérieure, sans qu'il soit possible d'évaluer l'intervalle de temps.

Mais l'on peut arriver à une évaluation de la quantité d'eau qui entre dans le lac, à chaque époque de l'année, soit du nombre de mètres cubes par seconde, si l'on admet que le débit du Rhône à Genève varie proportionnellement à la hauteur du lac, et si l'on se sert, pour calculer ce débit, de la formule que j'avais déduite des opérations de jaugeage de MM. Pestalozzi et Legler, et qui représente ces opérations à quelques mètres cubes près, c'est-à-dire dans les limites de leur exactitude. Il importe cependant de remarquer, que l'on ne peut pas obtenir de cette

manière l'entrée totale d'eau, qui comprend aussi le volume d'eau enlevé par l'évaporation de la surface du lac ; l'on n'obtient que la partie de l'eau entrée, qui s'écoule par l'émissaire, et défalcation faite de la partie enlevée par l'évaporation.

La formule de débit à laquelle j'étais arrivé est :

$$D = 297{,}36^{m3} + 276{,}1^{m3}(HS - 1{,}60^{m})$$

Comme les hauteurs h de l'eau, données dans le tableau ci-dessus, se rapportent au limnimètre du Jardin Anglais, et que la hauteur HS du lac de cette formule se rapporte au limnimètre de Sécheron, il fallait d'abord faire la réduction d'un point à l'autre, à l'aide des formules données page 152, d'où résultent les valeurs de HS inscrites dans la dixième colonne de ce tableau, et j'ai obtenu de cette façon les chiffres du débit à chaque époque, tels qu'ils sont donnés dans la colonne suivante. A l'aide du chiffre représentant l'excédent de l'entrée sur la sortie, calculé par dh $66^{m5},88$, l'on obtient dans la dernière colonne de ce tableau le chiffre de l'entrée.

Le chiffre de l'entrée atteint son maximum au milieu de juillet, c'est-à-dire avant l'époque à laquelle la température atteint son maximum, ce qui montre bien que la quantité de l'apport ne dépend pas seulement du chiffre de la température, mais de l'étendue de la surface de neiges sur laquelle elle exerce son influence. Bien que le chiffre de l'entrée diminue à partir du milieu de juillet, le lac continue à monter jusqu'au 7 août, parce que le chiffre du débit est encore inférieur à celui de l'entrée, le maximum du niveau du lac ayant lieu au moment où l'augmentation de l'un et la diminution de l'autre amènent l'égalité entre les deux. De même, le minimum de l'entrée a lieu un peu après le milieu de janvier, mais le chiffre du débit étant encore supérieur à celui de l'entrée, le lac continue à baisser jusqu'au 20 février, c'est-à-dire, jusqu'à ce que la diminution de l'un et l'augmentation de l'autre amènent l'égalité entre les deux, qui a lieu au moment du minimum.

Il y a presque exactement 6 mois, 180 jours, entre les deux époques

de l'année auxquelles l'entrée passe du minimum au maximum, entre lesquels il y a une différence de 377^{m3}; il y a seulement 168 jours entre les deux époques, auxquelles le débit passe du minimum au maximum, entre lesquels il y a une différence de 344^{m3}.

§ 3. **Observations limnimétriques faites de 1806 à 1837.**

L'installation du limnimètre à flotteur, établi en 1806 par M. Paul, dans l'intérieur du bâtiment de l'ancienne machine hydraulique, se trouvait dans des circonstances très défavorables, et c'est par ce motif que le général Dufour a fait construire celui du Grand-Quai en 1837. Les remous causés par le mouvement des roues, dans le voisinage immédiat du flotteur, maintenaient l'échelle dans un état constant d'oscillation, qui diminuait considérablement l'exactitude des observations, surtout pour une lecture isolée. Il y avait, en outre, une différence variable entre le niveau de l'eau à l'intérieur, et à l'extérieur du bâtiment, produite, soit par le rétrécissement en forme d'entonnoir du coursier, soit par le fait que le manteau de la grande roue plongeait plus ou moins suivant la hauteur de l'eau. La lecture du limnimètre placé à l'intérieur ne pouvait pas faire connaître directement la hauteur de l'eau dans le fleuve dans ce point; pour obtenir cette dernière il aurait fallu mesurer à chaque époque la différence de niveau entre l'intérieur et l'extérieur, et cette donnée fait absolument défaut. A l'époque des basses eaux, c'est-à-dire d'octobre à mai, la surélévation dans l'intérieur du bâtiment était augmentée par le barrage mobile posé en vue du service des eaux; ce barrage mobile n'était pas posé tout à la fois, mais graduellement, suivant les besoins du service, et il y a d'une année à l'autre des différences très grandes dans l'époque de la pose, de même que dans les mesures prises pour le rendre plus ou moins étanche.

A cette époque de l'année, on introduisait ainsi une cause artificielle, et variable suivant l'année et quant à la date, pour modifier la différence

de niveau entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment, par conséquent aussi entre le niveau accusé par le limnimètre placé dans l'intérieur, et celui qui correspondait à un point situé plus en amont dans le courant du fleuve. En l'absence de mesures donnant la différence entre l'intérieur et l'extérieur, il est impossible d'apprécier l'influence exercée dans les différents mois de chaque hiver par un obstacle, dont la nature était aussi variable. Dans les mois d'été, cette cause artificielle et variable n'existait pas; la différence de niveau entre l'intérieur et l'extérieur n'était certainement pas constante, elle dépendait de la hauteur de l'eau, et augmentait avec celle-ci, en même temps que la pente superficielle à l'extérieur. Le but pratique que je m'étais proposé était de trouver une formule donnant avec une approximation suffisante la réduction du limnimètre de l'ancienne machine hydraulique à celui du Grand-Quai, pour les mois d'été, et cela à l'aide des lectures faites simultanément aux deux instruments pendant les 7 années 1837 à 1843. Si l'on désigne par M la lecture de l'échelle divisée en pouces de roi du limnimètre de la machine, par Q la lecture correspondante du limnimètre du Grand-Quai, la différence des deux lectures peut être représentée par $M-Q=C+B-P$, où C désigne la correction due à la position relative du zéro des deux échelles, B la différence du niveau de l'eau entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment, enfin P la pente superficielle du fleuve, du limnimètre du Grand-Quai à la machine hydraulique. Les quantités désignées par B et par P étant variables suivant la hauteur de l'eau, peuvent être considérées comme des fonctions de M; mais il n'est pas nécessaire de déterminer séparément ces fonctions, aussi peu que la correction C, constante tant que le zéro des échelles n'a pas changé, si l'on peut disposer d'un nombre suffisant de valeurs observées de M—Q, et si ces valeurs correspondent à des hauteurs M de l'eau assez différentes pour que l'on puisse en déduire la loi suivant M—Q varie. Dans le cas où les écarts entre les valeurs observées de M—Q ne présenteraient pas une différence systématique dépendant de la hauteur de l'eau, on serait en droit de les attribuer à des irrégularités, ou à des dénivellations acciden-

telles, rentrant dans la catégorie des erreurs d'observation; dans ce cas, la réduction d'un limnimètre à l'autre serait une quantité constante, donnée par la moyenne arithmétique de toutes les valeurs observées de M—Q. Mais si la réduction est une constante, il résulte que la différence B—P est également constante, et comme ces deux quantités sont des fonctions de la hauteur de l'eau, il faudrait admettre qu'elles varient toujours exactement de la même quantité, de telle sorte que, si la pente augmente d'une certaine quantité d, par suite d'une élévation dans le niveau de l'eau, la différence B de niveau entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment augmente exactement de la même quantité d. Une pareille égalité est *à priori* assez peu probable, surtout si elle doit être étendue à des niveaux de l'eau variant dans des limites très écartées, et elle ne peut pas être admise avant d'en avoir obtenu la confirmation par les observations elles-mêmes.

Le tableau suivant renferme pour chacun des mois d'été, juin, juillet, août et septembre, et pour les 7 années 1837 à 1843, la moyenne mensuelle M des lectures quotidiennes faites à l'ancienne machine hydraulique, et dans la colonne suivante la différence M—Q des lectures faites au limnimètre du Grand-Quai. L'on peut voir par ce tableau, que les différences M—Q sont systématiquement plus fortes, à partir du mois de juin 1842, ce qui est dû à un accident mentionné sur le registre de la machine hydraulique. Les observations sont interrompues pendant un peu plus d'un mois, à partir du 10 avril 1842, parce que la tige graduée portée par le flotteur avait été trouvée brisée, en même temps que la pièce de bois, le long de laquelle la tige se mouvait, et qui portait l'index fixe, avait été trouvée déplacée. Lorsque les observations sont reprises au milieu de mai, il n'est fait aucune mention d'opérations de contrôle et de vérification, par lesquelles on se serait assuré que la cote du zéro de l'échelle, par rapport à un point fixe, n'aurait pas été modifiée par suite de cet accident. Il paraît cependant bien improbable qu'un changement n'ait pas eu lieu, et les observations en font foi; il est difficile d'admettre que la nouvelle tige ait été, de tout point, entre autres sous le rapport

du poids, assez identique à celle qui avait été brisée, pour que la distance entre le zéro de l'échelle et la ligne de flottaison fût restée la même, et que l'index ait été ajusté exactement à la même hauteur que précédemment. L'on est par conséquent placé entre ces deux alternatives, ou bien de laisser de côté les deux dernières années postérieures à l'accident, ce qui n'aurait pas un grand inconvénient, attendu que les observations, dont la réduction doit être effectuée, ne s'étendent que jusqu'à la fin de 1837; ou bien, si on veut les utiliser pour trouver la variation de M—Q en fonction de M, il faut introduire la condition que la correction C, dépendant de la cote du zéro de l'échelle, ne soit pas restée constante, et qu'elle ait changé à partir du mois de juin 1842. C'est à ce dernier parti que je me suis arrêté, en adoptant la forme suivante des équations de condition, auxquelles les valeurs observées de M—Q devaient satisfaire :

$$\text{Avant l'accident : } M - Q = + 21^{p},00 + x + N(M - 87^{p},2)$$
$$\text{Après l'accident : } M - Q = + 21.00 + y + N(M - 87.2)$$

x, y et N étant des constantes déterminées par la méthode des moindres carrés, à l'aide des 27 équations de condition obtenues en mettant successivement pour M, et pour M—Q, les valeurs correspondantes observées pour chaque mois. La résolution des équations a donné $x = -0^{p},014$; $y = +2^{p},262$ $N = -0^{p},0932$, en sorte que les formules de réduction sont

$$\text{Avant l'accident : } M - Q = + 20^{p},986 - 0^{p},0932\,(M - 87^{p},2)$$
$$\text{Après l'accident : } M - Q = + 23,262 - 0.0932\,(M - 87.2)$$

C'est avec ces formules qu'ont été obtenues les valeurs calculées de M—Q, inscrites dans la colonne correspondante du tableau suivant, et l'écart entre la valeur calculée et la valeur observée, inscrit à côté, permet d'apprécier dans quelles limites d'exactitude les formules représentent les observations.

DATE	M	M—Q		ÉCART Calcul moins observ.
		Observé.	Calculé.	
	p	p	p	p
1837 Juin.....	64,9	22,9	+ 23,05	+ 0,15
Juillet.....	94,0	18,8	20,34	+ 1,54
Août.....	99,5	18,9	19,84	+ 0,94
Septembre..	86,0	19,2	21,10	+ 1,90
1838 Juin.....	77,9	20,8	21,85	+ 1,05
Juillet.....	96,4	20,1	20,13	+ 0,03
Août.....	88,8	21,8	20,84	— 0,96
Septembre .	77,8	22,3	21,86	— 0,44
1839 Juin [1].....	(73,8	25,4)		
Juillet.....	94,1	18,8	20,34	+ 1,54
Août.....	92,7	20,8	20,47	— 0,33
Septembre..	83,3	20,9	21,35	+ 0,45
1840 Juin.....	62,2	22,9	23,32	+ 0,42
Juillet.....	71,3	22,0	22,47	+ 0,47
Août.....	79,3	23,4	21,72	— 1,68
Septembre..	83,5	23,2	21,33	— 1,87
1841 Juin.....	83,6	23,1	21,32	— 1,78
Juillet.....	98,5	21,0	19,93	— 1,07
Août.....	93,8	21,1	20,37	— 0,73
Septembre..	84,5	20,9	21,34	+ 0,34
1842 Juin.....	78,4	24,8	24,08	— 0,72
Juillet.....	97,5	23,0	22,30	— 0,70
Août.....	99,1	22,5	22,15	— 0,35
Septembre..	85,8	21,3	23,39	+ 2,09
1843 Juin.....	84,0	23,7	23,56	— 0,14
Juillet.....	94,6	23,2	22,57	— 0,63
Août.....	103,9	21,9	21,71	— 0,19
Septembre..	99,3	21,5	22,13	+ 0,63

La valeur probable d'un écart, calculée par la somme des carrés des écarts, est de $\pm 0^{p},74$; il en résulte pour l'erreur probable de la constante N, qui représente la variation de M—Q avec la hauteur de l'eau, $\pm 0^{p},0146$, c'est-à-dire moins de la sixième partie de la constante elle-même, ou de la variation.

Il ne peut y avoir ainsi aucun doute sur le fait, que la différence entre

[1] Les observations de ce mois ont été laissées de côté, parce qu'elles sont entachées d'une erreur manifeste; le 1er juin, la différence M—Q est de + 20p, et elle augmente graduellement jusqu'au 30, où elle est de + 30p, pour redescendre brusquement le 1er juillet à + 19 pouces. Quant à la cause, ou à l'origine de cette erreur, je n'ai rien trouvé qui pût la faire découvrir.

les indications des deux limnimètres ne peut pas être supposée constante, et qu'elle varie, quoique assez faiblement, avec la hauteur de l'eau. D'après le signe négatif de la constante N, la différence entre les deux limnimètres diminue lorsque la hauteur de l'eau augmente, et la forme, $M-Q = C + B - P$ de la relation entre les deux, montre que si B et P augmentent avec le chiffre de M, l'augmentation de la pente P est un peu plus rapide que celle de la différence entre le niveau de l'eau à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment.

Pour les valeurs extrêmes de M, auxquelles la formule de réduction doit être appliquée, et qui s'écartent de 32 pouces dans un sens, de 37 dans l'autre, de la moyenne 87p,2, l'incertitude de la réduction provenant de l'erreur sur la valeur de N atteindrait à peine un demi-pouce, tandis qu'en négligeant la variation, et en supposant $N = 0$, on introduirait une erreur de trois pouces dans un sens, ou dans l'autre.

Le général Dufour avait admis — 20 pouces pour la réduction qu'il fallait appliquer au chiffre du maximum annuel observé au limnimètre de l'ancienne Machine hydraulique, pour obtenir le chiffre correspondant qui aurait été marqué au limnimètre du Grand-Quai; il avait déduit cette réduction de la comparaison faite au moment du maximum annuel entre les indications des deux limnimètres, mais sans entrer dans aucun détail sur les données mêmes dont il avait fait usage. J'ai essayé de me rendre compte de la manière dont le général Dufour était arrivé à ce résultat; dans la moyenne des 5 années, 1837-41, les chiffres inscrits dans le registre de la Machine hydraulique donnent 98 pouces environ pour la valeur de M, en prenant non seulement le jour même du maximum annuel, qui n'est ordinairement pas à la même date pour les deux limnimètres, mais un certain nombre de jours voisins. La formule de réduction à laquelle je suis arrivé donne presque exactement 20 pouces pour la différence $M - Q$ correspondant à $M = 98$ pouces, il est donc probable que c'est de cette manière, et à l'aide de ces données, que le général Dufour a obtenu sa correction de — 20 pouces. Le chiffre du maximum annuel a varié pour ces cinq années dans les limites de ± 9

pouces, variation à laquelle correspondrait une différence de moins d'un pouce d'après ma formule, c'est-à-dire une quantité qui rentre dans les limites de l'incertitude d'une lecture isolée, ou de la moyenne d'un petit nombre de lectures, et l'on comprend que le général Dufour se soit contenté de prendre la moyenne arithmétique du petit nombre des données qu'il faisait concourir pour la détermination de M—Q, sans chercher un autre mode de les représenter.

J'ai pris pour chacun des mois de juin, juillet, août et septembre des années 1806-1837, la moyenne mensuelle des lectures quotidiennes de M, inscrites sur les registres de l'ancienne Machine hydraulique; ces lectures sont données en pouces et fractions de pouces, les fractions employées étant $^1/_4$, $^1/_2$ et $^3/_4$. Ces moyennes sont inscrites dans la première colonne du tableau suivant; la réduction M—Q calculée d'après la formule ci-dessus, et appliquée en signe contraire, m'a donné la hauteur de l'eau, telle qu'elle serait résultée au même moment de la lecture Q du limnimètre du Grand-Quai. Enfin, dans la dernière colonne se trouve la hauteur de l'eau, telle qu'elle serait résultée au même moment de la lecture JA en mesure métrique du limnimètre du Jardin Anglais, en tenant compte de la réduction pour la ramener au plan de comparaison de — 3^m au-dessous du repère du Niton. Cette dernière réduction de Q à JA a été faite naturellement de la même manière que pour les observations faites directement au limnimètre du Grand-Quai depuis 1838. Les dernières colonnes donnent pour les trois échelles le maximum annuel avec la date. Les registres de l'ancienne Machine hydraulique présentent une lacune pour les années 1827 à 1830; les pages sont en blanc, et renferment seulement l'indication du maximum annuel. Il paraît, d'après une note du général Dufour, que les carnets originaux avaient été égarés avant leur transcription sur le registre; mais comme il avait relevé dans le temps sur ces carnets les données relatives au maximum annuel, elles avaient pu être conservées.

	Juin.			Juillet.			Août.			Septembre.			Maximum annuel.			
	M	Q	JA	M	Q	JA	M	Q	JA	M	Q	JA	M	Q	JA	DATE
	p	p	m	p	p	m	p	p	m	p	p	m	p	p	m	
1806	86.2	65.2	2.073	93.9	73.6	2.310	97.7	77.7	2.426	87.6	66.7	2.115	104.1/2	85.1	2.635	5 août.
1807	84.2	62.9	2.008	96.0	75,9	2.375	104.9	85.6	2.649	95.5	75.3	2.358	107.0	87.9	2.714	5 août.
1808	69.2	46.6	1.547	81.4	59.9	1.923	91.0	70.4	2.219	83.5	62.2	1.989	94.0	73.7	2.313	12 août.
1809	88.6	67.7	2.143	95.5	75,3	2.358	104.0	84,6	2.621	90.8	70.2	2.214	107.1/2	88.4	2.728	8 août.
1810	65.9	41.9	1.414	75.8	53,8	1.751	84.5	63,3	2.019	83.9	62.6	2.000	92.0	71.5	2.251	18 août.
1811	85.2	64.0	2.038	94.7	74.4	2.333	93.8	73.5	2.307	81.1	59.6	1.915	98.1/2	78.6	2.451	1 août.
1812	76.3	54.3	1,764	87.5	66.6	2.112	89.5	68.7	2.172	80.7	59.1	1,901	93.1/2	73.1	2.296	30 juillet.
1813	59.6	36.1	1.251	71.4	48.9	1.612	80.7	59.1	1.901	67.7	44.9	1.499	84.3/4	63.5	2.024	10 août.
1814	59.3	35.7	1.240	76.9	55.0	1.784	85.3	64.2	2.043	64.6	41.5	1.403	89.3/4	69.0	2.180	7 août.
1815	67.6	44.8	1.496	75.2	53.1	1.731	76.2	54.2	1.762	69.8	47.2	1,565	81.3/4	60.2	1.932	27 juillet.
1816	78.9	57.1	1.844	98.2	78.3	2.442	113.6	95.1	2.918	91.6	71.1	2.240	119.1/4	101.3	3.093	20 août.
1817	79.0	57.2	1.847	111.1	92.4	2.841	106.5	87.3	2.697	92.2	71.7	2.257	119.1/2	101.5	3.098	18 juillet.
1818	75.2	53.1	1.531	88.6	67.7	2.143	91.8	71.3	2.245	75.6	53.5	1.742	98.0	78.1	2.437	13,5 août.
1819	58.7	35.0	1.220	80.0	58,3	1.877	83.6	62.3	1.991	72.8	50.5	1.658	85.1/2	64,4	2.048	13 août.
1820	57.7	33.9	1.188	72.7	50.4	1.655	92.2	71.7	2.257	82.2	60.8	1.949	95.1/2	75.3	2.358	23 août.
1821	56.8	33.0	1.163	73.9	51.7	1.691	99.9	80.1	2.494	93.5	73.1	2.296	107.0	87.9	2.714	18 août.
1822	71.9	49.5	1,629	85.5	64.4	2.050	88.1	67.2	2.129	88.4	67.6	2.140	95.0	74.8	2.345	4 septembre.
1823	75.6	53.5	1.742	89.7	68.9	2.177	91.8	71.2	2.243	86.7	65.7	2.087	94.0	73.7	2.313	4,5 septembre
1824	75,0	52.9	1.725	90.1	69.4	2.191	100.8	81.1	2.522	83.2	61.8	1.977	106.0	86.8	2.684	16 août.
1825	52.9	28.7	1.042	71.7	49.3	1.623	80.5	58.9	1.895	76.1	54.1	1.759	83.0	61.6	1.972	18 août.
1826	51.8	27.6	1.011	77.3	55.4	1.795	88.9	68.1	2.155	83.5	62.2	1.989	93.0	72.6	2,282	27,5 août.
1827	...	...	....	...	...	....	...	...	....	...	...	....	100.0	80.2	2.497	8 août.
1828	..	...	....	...	...	....	...	...	....	...	..	....	98.0	78.0	2.434	21 août.
1829	...	...	....	...	...	....	...	...	....	...	...	....	77.1/2	55.6	1.801	3 août.
1830	...	...	....	...	...	....	...	...	....	...	...	....	97.0	76.9	2.403	8 août.
1831	71.0	48.5	1.601	81.8	60.3	1.934	94.9	74,7	2.342	96.2	76.1	2.381	104.0	84.6	2.621	12 septembre.
1832	50.3	25.9	0.963	66.6	43.7	1.465	70.9	48,4	1,598	63.5	40.3	1.369	76.0	54.0	1.756	25 août.
1833	73.4	51.1	1.674	85.5	64.4	2.050	75.0	52,9	1.725	64.9	41.8	1.412	89.0	68.2	2.158	6,5 juillet.
1834	67.4	44.6	1.491	87.5	66.6	2.112	88.6	67,8	2.146	82.1	60.7	1.946	94.3/4	74.5	2.336	1,5 septembre
1835	56.7	32.9	1.160	66.4	43.5	1.460	77.9	56,1	1.816	68.8	46.1	1.533	80.1/2	58.9	1.894	21 août.
1836	61.8	38.4	1.316	85.0	63.8	2.034	78.6	56,8	1.835	74.2	52.0	1.700	88.0	67.1	2.126	18 juillet.
1837	64.9	41.9	1.414	94.0	73.7	2.313	99.5	79.7	2.482	85.9	64.9	2.063	102.1/2	82.9	2.572	19 août.
Moyenne.	...	...	1.519	...	...	2.005	...	...	2.200	...	...	1.909	..	..	2.358	13 août.

§ 4. Comparaison du niveau de l'eau pour les mois d'été pendant la période de 1806 à 1880.

La comparaison du niveau pendant ces 75 années ne peut se faire que pour les mois d'été, juin, juillet, août et septembre, pour lesquels la réduction du limnimètre de l'ancienne Machine hydraulique à celui du Grand-Quai peut se faire avec une approximation suffisante, tandis que dans les autres parties de l'année le niveau de l'eau était modifié artificiellement dans l'intérieur du bâtiment, sans qu'il fût possible d'apprécier le chiffre de la modification, faute de données nécessaires. Cette comparaison peut se faire de différentes manières; on peut d'abord scinder la période entière en deux parties inégales, comprenant, l'une les observations faites au limnimètre de l'ancienne Machine hydraulique de 1806 à 1837, soit 32 ans pour l'observation du maximum annuel, 27 seulement pour celle des 4 mois d'été, à cause de la lacune du registre pour les années 1827 à 1830; l'autre les observations faites depuis 1838, soit 43 ans. L'on obtient ainsi :

	MOYENNES						
	de juin.	de juillet.	d'août.	de sept.	des 4 mois.	du maximum annuel.	de date.
	m	m	m	m	m	m	
1806-37	1,519	2,005	2,200	1,909	1,908	2,358	13 août.
1838-80	1,699	2,071	2,144	1,877	1,948	2,325	3 août.
Différences	+ 0,180	+ 0,066	— 0,056	— 0,032	+ 0,040	— 0,033	— 10 jours.

L'on arrive à des résultats très peu différents, si, pour obtenir une plus grande égalité entre les deux parties, dans lesquelles la période entière a été scindée, l'on étend la première jusqu'à l'année 1842, sans avoir égard à l'emplacement où les observations ont été faites, ce qui n'a pas d'inconvénient, d'après le mode de réduction adopté; l'une des parties comprend alors 37 ans, l'autre 38. L'on a, suivant ce mode :

	MOYENNES						
	de juin.	de juillet.	d'août.	de sept.	des 4 mois.	du maximum annuel.	de date.
	m	m	m	m	m	m	
1806-42	1,546	2,034	2,199	1,917	1,924	2,371	13 août.
1843-80	1,700	2,055	2,139	1,866	1,940	2,308	3 août.
Différences	+ 0,154	+ 0,021	— 0,060	— 0,051	+ 0,016	— 0,063	— 10 jours.

Cette comparaison montre qu'il n'y a pas de différence sensible dans le niveau de l'eau, en moyenne pendant les mois d'été, entre la première et la seconde moitié de la période; l'excédent insignifiant de 16 millimètres pour la seconde moitié est uniquement dû au mois de juin, car si l'on prenait seulement les trois mois de juillet, août et septembre, il y aurait au contraire une diminution de 3 centimètres sur leur moyenne, et le maximum annuel présente également une diminution de 6 centimètres. Mais il y a, par contre, une différence très marquée entre les deux moitiés de la période dans la variation de niveau d'un mois à l'autre; cette variation est :

	1806-42	1843-80
	m	m
De juin à juillet.....	+ 0,488	+ 0,355
juillet à août.....	+ 0,165	+ 0,084
août à septembre.....	— 0,282	— 0,273

et le maximum annuel arrive 10 jours plus tôt dans la seconde moitié de la période que dans la première. La différence porte ainsi sur une question de date, ou d'époque; la crue estivale, due à la fonte des neiges, commence maintenant plus tôt dans l'année que précédemment, et, par suite, le niveau moyen de juin est sensiblement plus élevé. (Il en serait probablement de même pour celui de mai, mais comme le barrage mobile de l'ancienne Machine hydraulique était enlevé ordinairement dans le courant de ce mois, la réduction n'a pas pu se faire pour les années 1806-1837.) La différence au mois de juillet est encore dans le même sens, quoique très faible. Mais au mois d'août, la différence est en sens contraire; actuellement le lac baisse à partir des premiers jours d'août, en sorte que l'élévation de niveau depuis le mois précédent est de 84 millimètres seulement; dans la première moitié de la période, le lac ne commençait à baisser qu'à partir du milieu d'août, et l'élévation depuis le mois précédent était de 165 millimètres, près du double. Ce n'est donc pas par une plus grande élévation du niveau des hautes eaux que la seconde moitié de la période se distingue de la première, car c'est plutôt

le contraire qui a lieu, mais par l'époque plus hâtive à laquelle la hauteur de l'eau atteint un certain niveau. Il en résulte que le niveau est plus élevé dans la seconde moitié de la période, jusqu'un peu après le milieu de juillet, mais depuis cette époque, c'est dans la première moitié de la période qu'il est plus élevé, et qu'il atteint également un maximum plus élevé.

La cause de ce changement est facile à indiquer; il provient, soit de l'endiguement du Rhône, soit du déboisement des flancs des montagnes, qui concourrent l'un et l'autre à amener au lac dans un temps plus court l'eau provenant directement des chutes de pluie, ou celle produite par la fonte des neiges et des glaces. Par suite de ces travaux d'endiguement, qui ont rétréci le lit du Rhône, la vitesse avec laquelle l'eau coule entre ses bords a été augmentée, mais surtout on a prévenu, en grande partie du moins, les débordements qui avaient lieu précédemment, plus ou moins fréquemment chaque année, dans les crues accidentelles du fleuve. Par suite de ces débordements, les terrains bas de chaque côté du fleuve, du lac jusqu'à Brigue, étaient transformés en marais inondés pendant la plus grande partie de la belle saison. Ces marais formaient une succursale, pour ainsi dire, du lac dans laquelle l'eau s'emmagasinait; si une partie de cette eau retournait plus tard au lac par voie d'infiltration, ce ne pouvait être qu'à une époque plus avancée dans l'année, et lorsque le niveau du fleuve avait baissé au-dessous de celui de l'eau dans ces marais, en sorte qu'elle ne pouvait plus contribuer à élever le niveau du lac pendant l'été. On peut admettre aussi qu'une partie de l'eau extravasée ait été enlevée par l'évaporation, et n'ait pas été ramenée plus tard au lac [1].

[1] Dans le rapport de MM. Pestalozzi et Legler, inséré dans la Réplique du canton de Vaud, dans le procès pendant devant le Tribunal fédéral sur la question du niveau du lac, ces messieurs émettent, à la page 51, l'assertion que c'est plutôt le contraire qui se produisait, et que, par suite de la basse température de l'eau de ces marais, ils agissaient en guise de condensateurs de la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère, de façon à augmenter la quantité d'eau amenée au lac. Que de l'eau stagnante, exposée pendant la belle saison aux rayons du soleil, reste à une température inférieure à celle correspondant au point de rosée des couches d'air occupant le fond de la vallée, en ayant

L'influence exercée par le déboisement des flancs des montagnes consiste à augmenter la proportion de l'écoulement superficiel sur la quantité totale d'eau tombée sur le sol; suivant l'opinion de plusieurs savants, cette proportion serait d'un tiers environ *en moyenne*, et sur les deux autres tiers, une partie, la moitié environ en moyenne serait absorbée par la végétation et l'évaporation, et le dernier tiers pénétrerait par infiltration à une profondeur plus ou moins grande au-dessous de la surface, suivant la nature et la disposition des couches, et servirait à alimenter les sources qui augmentent le volume d'eau des affluents, et l'empêchent de tomber au-dessous d'un certain minimum. Lors même que la proportion d'un tiers pour l'écoulement superficiel serait exacte en moyenne, il y a certainement des divergences énormes produites par différentes circonstances, dont les unes tiennent au relief plus ou moins accidenté du terrain, et varient d'un pays à l'autre; les autres tiennent au genre de végétation qui recouvre le sol, enfin l'intensité avec laquelle la pluie tombe peut modifier la proportion de l'écoulement superficiel, pour ainsi dire du tout au tout, et cela surtout lorsque l'inclinaison du terrain est très forte, et que le sol est recouvert non de forêts, mais de pâturages, ou même sans aucune végétation. Si la quantité d'eau marquée pour un jour, un ou deux centimètres par exemple, est le résultat d'une pluie torrentielle qui a duré une ou deux heures seulement, la proportion de l'écoulement superficiel sera, même pour un pays de plaine, énormément plus forte, que si une pluie modérée, mais se prolongeant pendant un grand nombre d'heures, avait fourni la même quantité d'eau. L'effet sera encore plus marqué si l'inclinaison du terrain est forte, comme c'est le cas pour les versants très escarpés des montagnes du Valais, et surtout si ces versants sont seulement recouverts de pâturages, ou même sans aucune végétation, à la place des forêts qui existaient précédemment. Le déboisement des montagnes du Valais a dû, par conséquent, contri-

égard au vent assez fort qui souffle habituellement d'aval en amont, dans cette saison, paraît un phénomène étrange, et qui aurait besoin d'être confirmé par des observations thermométriques et hygrométriques, faites directement dans différents points entre le lac et Brigue.

buer à augmenter la proportion de l'écoulement superficiel et, surtout dans les cas où la pluie tombe avec une grande violence pendant un temps plus court, exagérer la crue de tous les affluents du Rhône et du Rhône lui-même.

Du milieu de mai au milieu de juillet, la variation normale du niveau du lac, *dh*, due aux circonstances normales de température et de pluie, dépasse un centimètre par 24 heures, elle est de 1 à 1 $^1/_2$ centimètres, ce qui correspond à un excédent de l'entrée sur le débit de 67 à 100 mètres cubes par seconde, mais comme on en voit des exemples chaque année, à la suite de fortes pluies, surtout par une température élevée, l'accroissement du niveau peut être beaucoup plus rapide pendant quelques jours consécutifs, et atteindre 15 centimètres, et au delà, au bout de trois à quatre jours. Par suite de ces circonstances atmosphériques accidentelles, l'élévation normale *dh* de niveau dans 24 heures est augmentée d'une quantité δh, qui peut s'élever à 2, 3, 4 centimètres et au delà, et qui correspond (en multipliant par $68^{m3},26$, comme nous l'avons vu dans un chapitre précédent) à un excédent de 140 à 300 mètres cubes par seconde, en sus de l'excédent normal de 67 à 100 mètres cubes de l'entrée sur le débit. Mais, en raison des conditions qui déterminent le régime d'un lac, l'écoulement de l'excédent dû à des circonstances accidentelles ne peut se faire qu'avec une extrême lenteur, au bout d'un long intervalle de temps, et le lac ne peut pas se vider, si l'on peut se servir de cette expression, avec la même rapidité qu'il se remplit; son niveau ne peut même pas baisser dans cette saison, à moins d'un abaissement très prononcé de la température dans les jours qui suivent une crue. Il faudrait, en effet, pour que la valeur *dh*, qui est normalement positive dans cette saison, devînt négative, c'est-à-dire pour que l'entrée fût inférieure au débit, qu'il y eût une diminution de plus de 100 mètres cubes par seconde relativement au chiffre normal de l'entrée à cette époque. C'est aux fortes chutes de pluie, qui provoquent la crue des affluents, que sont dus des excédents dans l'entrée, dont la valeur peut atteindre pendant quelques jours plusieurs centaines de mè-

tres cubes par seconde, tandis que l'entrée ne peut diminuer que d'une assez faible quantité relativement au chiffre normal, et cela par suite d'un abaissement de la température; cet abaissement doit être considérable, et se prolonger pendant plusieurs jours, pour que l'entrée diminue au-dessous du chiffre du débit. L'on trouve bien des exemples d'un arrêt dans la hausse du lac qui a lieu normalement dans cette saison, quelquefois même un léger recul, mais les cas dans lesquels ce recul atteint plusieurs centimètres, au bout d'un assez grand nombre de jours, sont rares; il y en a eu un exemple au mois de juillet en 1879, mais il est vrai que ce mois de juillet a été le plus froid dans toute la série des observations depuis 1826. Les accidents atmosphériques donnant lieu aux crues accidentelles des affluents peuvent se répéter à plusieurs reprises dans le courant du printemps et de l'été, et comme le lac ne peut pas se vider dans l'intervalle, le niveau des mois d'été et celui du maximum annuel dépendent de la fréquence plus ou moins grande de ces accidents, beaucoup plus que de la quantité totale de pluie, parce que la proportion de l'écoulement superficiel varie avec l'intensité avec laquelle la pluie tombe. Le déboisement des montagnes tendant à favoriser l'écoulement superficiel, les crues des affluents provoquées par les mêmes accidents atmosphériques seront plus fortes maintenant qu'elles ne l'étaient précédemment, et, par suite, la crue estivale du lac sera accélérée, en même temps qu'elle sera augmentée.

Le dernier point de vue que j'aborderai, est celui de la comparaison du niveau du Rhône à Genève, pendant les mois d'été, faite année par année, et de la relation que l'on peut établir entre ce niveau et les circonstances atmosphériques concomitantes, telles que la température et la quantité de pluie. Les observations météorologiques, dont on peut disposer pour cette recherche, remontent à l'année 1826 pour celles de Genève, par conséquent 20 ans après le commencement de la série limnimétrique; à l'année 1841 pour le Grand St-Bernard, et à l'année 1864 seulement pour quelques stations des cantons de Vaud et du Valais, et encore sont-elles incomplètes pour quelques-unes d'entre elles. Malgré

l'inconvénient très grand d'apprécier d'une manière relative les circonstances atmosphériques prévalant sur tout le bassin, d'après les observations météorologiques faites dans une seule station, à son extrémité sud-ouest, on est bien obligé de recourir à ce procédé; en effet, les chiffres servant à cette appréciation ne seraient plus comparables entre eux d'année en année, si pendant une partie du temps ils étaient déduits d'observations faites dans une seule station, et si pour d'autres années on avait fait concourir celles d'autres stations. Il se présente maintenant une autre difficulté : sur quelle partie de l'année doivent porter les observations de la température et de la pluie, dans la recherche numérique de l'influence que ces deux éléments météorologiques peuvent exercer sur le niveau de l'eau pendant les mois d'été? Pour la température la question est moins difficile, parce que le niveau de l'eau pendant les mois de juin à septembre d'une année ne peut pas être influencé par la température des mois suivants, ni même par celle des mois d'hiver et du commencement du printemps qui ont précédé; comme la température du mois de mai peut exercer une influence directe sur le niveau de l'eau pendant ce mois, et par suite une influence indirecte sur le niveau pendant le mois de juin, il y aurait lieu de tenir compte de la température pendant les cinq mois de mai à septembre.

Pour la quantité d'eau tombée, la question est beaucoup plus difficile, parce que si les précipitations atmosphériques postérieures au mois de septembre ne peuvent pas avoir d'effet sur le niveau de l'eau pendant les mois de l'été précédent, elles peuvent en avoir sur celui de l'été suivant. A partir du mois d'octobre, les précipitations ont lieu sous forme de neige sur une partie de la chaîne de montagnes, et sur une étendue toujours plus grande, à mesure que l'on s'avance vers l'hiver; ainsi, sur la quantité d'eau qui tombe dans le bassin à partir du mois d'octobre, il y en a une partie qui s'écoule à mesure dans le lac, et qui ne peut pas influer, ou du moins très indirectement seulement, sur le niveau de l'eau pendant l'été suivant, mais il y en a une partie qui n'arrivera au lac qu'à cette époque, par la fonte des neiges. Il n'y a aucun moyen d'évaluer sépa-

rément chacune de ces parties; pour le faire même approximativement, il faudrait connaître quelle est chaque année la limite inférieure de la neige sur toutes les montagnes du bassin, et cela à toutes les époques de l'automne, de l'hiver et du commencement du printemps. Si l'on remonte au mois d'octobre de l'année précédente pour apprécier le caractère de sécheresse ou d'humidité d'une année, et si l'on prend la somme de la quantité d'eau tombée pendant les 12 mois, d'octobre à septembre, on ne tient pas compte de ce qu'une partie de cette eau s'est écoulée normalement pendant l'automne, pendant l'hiver et au commencement du printemps, sans pouvoir influer sur le niveau des mois d'été. Si l'on fait, comme pour la température, la somme de l'eau tombée seulement depuis le mois de mai jusqu'en septembre, on ne tient pas compte de la quantité plus ou moins grande de neige tombée depuis l'automne précédent, et dont la fonte a lieu seulement à cette époque. Comme on pourra le voir par les chiffres donnés un peu plus loin, l'on peut attribuer à une année un caractère de sécheresse, ou d'humidité, tout différent, suivant qu'on l'apprécie par la somme totale d'eau tombée d'octobre à septembre, ou par celle tombée de mai à septembre; il y a même un assez grand nombre de cas dans lesquels l'écart avec les moyennes respectives est de signe opposé. Quel sera le caractère qu'il faudra attribuer à l'année, dans les cas très fréquents où il y a divergence, et même opposition entre celui résultant des deux modes de groupement? Pour quelques années ce serait l'un, pour d'autres ce serait l'autre qu'il faudrait adopter, et cela en raison de circonstances qu'il est impossible d'apprécier numériquement dans chaque cas, lors même que la cause peut être indiquée d'une manière générale. Enfin, ainsi que je l'ai fait remarquer plus haut, c'est beaucoup moins le chiffre exprimant la hauteur de l'eau tombée pendant un mois, ou quelques mois consécutifs, que le rapport de ce chiffre au nombre d'heures de pluie, c'est-à-dire l'intensité de la pluie, qui influe sur la crue des affluents, et qui détermine l'élévation du niveau du lac. C'est depuis 20 ans seulement, à partir de l'année 1861, que dans les observations météorologiques faites

à Genève, et publiées dans les *Archives*, l'on indique pour chaque jour de pluie le nombre d'heures pendant lesquelles la pluie est tombée. L'on a ainsi un moyen d'évaluer l'intensité de la pluie pour les 20 dernières années, par la quantité d'eau tombée par heure, et de distinguer de cette façon les averses torrentielles auxquelles sont dues essentiellement les crues accidentelles des affluents, mais pour les années antérieures, on ne pourrait connaître que le rapport de la quantité totale d'eau tombée dans un mois au nombre de jours de pluie dans ce mois, et il y a de telles divergences entre ces deux modes d'appréciation d'une année à l'autre, que l'on ne peut pas conclure de l'un à l'autre. Il faudrait de plus, tenir compte de la circonstance, que les effets des averses torrentielles ont été considérablement modifiés par l'endiguement du Rhône et par le déboisement des flancs des montagnes.

C'est, d'après les considérations précédentes, une erreur de croire qu'il soit possible d'établir une relation directe et numérique entre le niveau du lac pendant les mois d'été d'une année, et les chiffres qui font connaître la température et la quantité d'eau tombée dans un point du bassin. Si la relation de cause à effet dans le phénomène est incontestable, il faudrait tenir compte dans les chiffres déduits des observations météorologiques, et servant à apprécier la cause, de facteurs importants dépendant de circonstances que l'on peut bien indiquer, sans pouvoir évaluer numériquement leur effet. Ainsi que je l'ai montré dans un chapitre précédent, il n'est pas même possible de trouver une pareille relation pour la variation normale du niveau de l'eau dans le courant de l'année, et cependant dans la moyenne d'un grand nombre d'années, les circonstances accidentelles qui peuvent affecter considérablement telle année en particulier sont compensées et éliminées.

Il peut néanmoins y avoir quelque intérêt à faire la comparaison entre les chiffres indiquant le niveau de l'eau, et ceux par lesquels la température et la quantité de pluie sont exprimées; il importe seulement de ne pas perdre de vue, que ces derniers chiffres devront être affectés de facteurs indéterminés, et variables d'année en année, pour

obtenir une mesure exacte de l'effet que la cause correspondante a pu produire. C'est du reste ce que j'avais fait pour la variation normale du niveau de l'eau dans le courant de l'année. Cette comparaison peut être faite graphiquement à l'aide d'une figure qui représente, d'année en année, le niveau des eaux pendant les mois d'été, de 1806 à 1880, et, à partir de 1826, la température correspondante de l'été et la quantité de pluie. Une pareille représentation graphique est donnée dans la Planche II, dans laquelle la ligne supérieure passe par les ordonnées correspondant au maximum annuel des 75 années, et le trait horizontal qui coupe cette ligne correspond à l'ordonnée $2^{m},339$, qui représente la valeur moyenne du maximum annuel, en sorte que l'on reconnaît de suite l'écart de chaque année relativement à cette moyenne. Pour ne pas trop charger la figure, je n'ai pas donné séparément la ligne passant par l'ordonnée correspondant à chacun des mois d'été, juin à septembre, mais seulement celle passant par l'ordonnée correspondant à la moyenne de ces quatre mois, elle indique donc, d'année en année, les variations du niveau moyen des mois d'été. Le trait horizontal qui coupe cette ligne correspond à l'ordonnée $1^{m},932$, c'est-à-dire au niveau moyen des mois d'été de 1806 à 1880. (Ce niveau moyen est déduit de 71 années seulement, à cause de la lacune dans le registre pour les années 1827 à 1830; le trait ponctué pour ces 4 années est tracé d'après celui du maximum annuel, et à $0^{m},407$ au-dessous de ce dernier, en supposant que pour ces 4 années la différence, qui varie très considérablement d'une année à l'autre, ait été égale à la moyenne.)

La ligne qui se trouve au-dessous, à partir de l'année 1826, passe par les ordonnées représentant la température moyenne, à Genève, des cinq mois, mai à septembre; le trait horizontal qui coupe cette ligne, correspond à l'ordonnée représentant la température $+ 16°,28$, qui est la moyenne de ces cinq mois pendant les 55 années, 1826-1880. Enfin, pour ne pas trop charger la figure, je n'ai représenté la quantité de pluie que par une seule ligne, celle passant par les ordonnées correspondant à la somme totale d'eau tombée à Genève pendant les 12 mois, octo-

bre à septembre, et dont la moyenne pour les 55 ans est 824mm,4. L'on aurait obtenu une ligne présentant des inflexions très différentes, et assez souvent opposées, si elle avait été tracée par les ordonnées correspondant à la somme totale d'eau tombée seulement pendant les cinq mois, mai à septembre; c'est ce que l'on peut voir par les chiffres donnés dans le tableau suivant. L'introduction de cette ligne aurait certainement présenté de l'intérêt, parce que dans plusieurs cas son tracé se serait beaucoup plus rapproché de celui du niveau de l'eau, que la ligne correspondant à la somme annuelle de pluie, d'octobre à septembre, mais elle aurait trop compliqué la figure.

Bien que le tracé de la ligne représentant la température des cinq mois, présente une certaine analogie avec la courbe du niveau, et que la température exceptionnellement élevée de quelques années, comme 1834, 1846, 1868 trouve une corrélation dans l'élévation du niveau de l'eau, les deux lignes sont loin d'être parallèles, et il ne peut pas en être autrement, eu égard au rôle joué par la quantité d'eau tombée, et aux facteurs dont il a été question, et dont on est obligé de négliger l'effet, faute de pouvoir en apprécier numériquement l'influence.

La comparaison du niveau du Rhône à Genève, devant le Jardin Anglais, pendant une longue série d'années, peut se faire de la manière la plus commode par l'écart entre le chiffre correspondant pour chaque année à une certaine époque, et le chiffre moyen déduit de toute la série; les résultats de la comparaison faite de cette manière sont donnés dans le tableau suivant. Les valeurs moyennes déduites de la série entière, 1806 à 1880 sont :

	m	
Niveau du mois de Juin.....	1,628	
» » de Juillet.....	2,045	
» » d'Août.....	2,166	
» » de Septembre....	1,890	
Niveau moyen des 4 mois.....	1,932	
Maximum annuel.....	2,339	date 7 Août.

Pour les 4 mois d'été la moyenne est déduite de 71 années seulement, à cause de la lacune du registre pour les années 1827 à 1830. Quant à

ÉCARTS

	pour Juin.	pour Juillet.	pour Août.	pour Septembre.	pour la moyenne des 4 mois d'été	pour le maximum annuel.	pour la date.	sur la températ. Mai-Septemb.	sur l'eau tombée. Oct.-Sept.	sur l'eau tombée. Mai-Sept.
	m	m	m	m	m	m	j			
1806	+0,445	+0,265	+0,260	+0,225	+0,299	+0,296	− 2			
1807	+0,380	+0,330	+0,468	+0,468	+0,415	+0,375	− 2			
1808	−0,081	−0,122	+0,053	+0,099	−0,013	−0,026	+ 5			
1809	+0,515	+0,313	+0,455	+0,324	+0,402	+0,389	+ 1			
1810	−0,214	−0,297	−0,147	+0,110	−0,136	−0,088	+11			
1811	+0,410	+0,288	+0,141	+0,025	+0,216	+0,112	− 6			
1812	+0,136	+0,067	+0,006	+0,011	+0,055	−0,053	− 8			
1813	−0,377	−0,433	−0,265	−0,391	−0,366	−0,315	+ 3			
1814	−0,388	−0,261	−0,123	−0,487	−0,315	−0,159	0			
1815	−0,132	−0,314	−0,504	−0,325	−0,294	−0,407	−11			
1816	+0,216	+0,397	+0,752	+0,350	+0,429	+0,754	+13			
1817	+0,219	+0,796	+0,531	+0,367	+0,478	+0,759	−20			
1818	−0,097	+0,098	+0,079	−0,148	−0,017	+0,098	+ 2,5			
1819	−0,508	−0,168	−0,175	−0,232	−0,246	−0,291	+ 6			
1820	−0,440	−0,390	+0,091	+0,059	−0,170	+0,019	+16			
1821	−0,365	−0,354	+0,328	+0,406	−0,021	+0,375	+11			
1822	+0,001	+0,005	−0,037	+0,250	+0,055	+0,006	+28			
1823	+0,114	+0,132	+0,077	+0,197	+0,130	−0,026	+28,5			
1824	+0,097	+0,146	+0,356	+0,087	+0,172	+0,345	+ 9			
1825	−0,586	−0,422	−0,271	−0,131	−0,352	−0,367	+11	o	mm	mm
1826	−0,617	−0,250	−0,011	+0,099	−0,195	−0,057	+20,5	+0,7	−190	−137
1827	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	+0,158	+ 1	+0,9	+ 38	+ 11
1828	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	+0,095	+14,5	+0,6	+ 31	+ 53
1829	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	−0,538	− 4	−0,8	+ 84	+ 83
1830	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	+0,064	+ 1	−0,3	+ 3	+ 89
1831	−0,027	−0,111	+0,176	+0,491	+0,132	+0,282	+36	−0,1	+185	+124
1832	−0,665	−0,580	−0,568	−0,521	−0,583	−0,583	+18	+0,3	−287	−148
1833	+0,046	+0,005	−0,441	−0,478	−0,217	−0,181	−31,5	+0,2	−155	−134
1834	−0,137	+0,067	−0,020	+0,056	−0,008	−0,003	+25,5	+2,5	−112	− 92
1835	−0,568	−0,585	−0,350	−0,357	−0,440	−0,445	+14	+0,8	−183	− 41
1836	−0,312	−0,011	−0,331	−0,190	−0,211	−0,213	−20	−0,5	−126	−125
1837	−0,214	+0,268	+0,316	+0,173	+0,136	+0,233	+12	−0,3	−241	−155
1838	+0,216	+0,340	−0,043	−0,090	+0,106	+0,194	−16	−0,8	− 16	+ 37
1839	−0,030	+0,160	+0,096	+0,104	+0,083	+0,138	−12	−0,5	+ 57	+ 32
1840	−0,287	−0,422	−0,356	+0,044	−0,255	−0,199	+42	−0,8	+ 76	+116
1841	+0,312	+0,375	+0,119	+0,128	+0,234	+0,251	−17	−0,6	+184	+ 24
1842	+0,117	+0,291	+0,228	+0,164	+0,200	+0,194	−12	+0,3	+303	+ 31
1843	+0,306	+0,203	+0,381	+0,301	+0,298	+0,279	+ 3	−1,3	+216	+ 94
1844	−0,106	−0,028	−0,172	−0,148	−0,113	−0,258	−28	−0,6	+ 4	+ 37
1845	−0,134	+0,047	−0,197	−0,246	−0,132	−0,145	−21,5	−1,1	+ 76	+ 48
1846	+0,546	+0,731	+0,483	+0,276	+0,509	+0,547	−21	+0,9	+146	− 24
1847	+0,278	−0,108	−0,043	−0,264	−0,034	−0,159	+10	−0,8	+ 22	− 69
1848	−0,019	−0,037	−0,260	−0,339	−0,164	−0,244	−29,5	−0,4	+ 8	− 16
1849	+0,436	+0,274	−0,195	−0,428	+0,022	+0,138	−38	−0,2	75	− 9
1850	−0,146	−0,178	−0,345	−0,410	−0,270	−0,370	−29	−0,3	+ 17	− 28
1851	−0,360	−0,306	+0,130	+0,079	−0,114	+0,109	+12	−1,7	− 86	− 37
1852	−0,468	−0,401	+0,033	+0,268	−0,137	+0,142	+16	−0,7	+ 17	+210
1853	−0,109	+0,226	+0,150	+0,156	+0,106	+0,096	− 1,5	−0,9	+155	+ 80
1854	−0,590	−0,495	−0,204	−0,357	−0,511	−0,244	+ 3,5	−0,7	−231	− 46
1855	+0,074	+0,075	−0,135	+0,022	+0,009	−0,159	−27,5	−0,5	+ 66	+ 4
1856	+0,304	−0,226	−0,505	−0,413	−0,210	−0,328	−37	−0,6	+473	+210
1857	0,765	−0,678	−0,799	−0,323	−0,591	−0,611	+ 4	+0,4	−312	−132
1858	−0,539	−0,701	−0,681	−0,608	−0,632	−0,795	+12	0,4	−168	− 5
1859	−0,298	−0,165	− 0,120	−0,360	−0,236	−0,201	+ 7,5	+1,0	−193	−175
1860	+0,159	−0,074	−0,328	+0,154	−0,022	−0,164	+29	−1,1	+175	+124
1861	−0,131	−0,021	+0,088	−0,137	−0,050	+0,035	+14	+0,2	+ 53	+ 58
1862	−0,224	−0,469	−0,305	−0,283	−0,320	−0,315	+ 2	+0,6	+ 7	− 48
1863	+0,120	+0,013	−0,186	+0,087	+0,009	−0,229	30	+0,5	+ 44	+135
1864	+0,213	+0,047	−0,020	−0,052	+0,047	−0,046	+ 7	0	−239	− 40
1865	+0,073	−0,157	−0,039	+0,220	+0,024	−0,046	+24	+1,2	−187	− 80
1866	+0,138	+0,175	+0,143	+0,367	+0,206	+0,099	+ 9	−0,3	+251	+ 63
1867	+0,653	+0,449	+0,042	+0,159	+0,318	+0,216	−31	+0,3	+148	− 47
1868	+0,405	+0,061	+0,102	+0,056	+0,156	+0,146	+13	+1,8	−190	− 51
1869	+0,213	−0,154	−0,068	−0,098	−0,027	−0,074	+ 1	+0,4	− 45	−106
1870	+0,095	−0,022	+0,006	−0,129	−0,012	−0,044	+ 3	+1,0	−321	−145
1871	+0,074	+0,169	+0,132	+0,217	+0,148	+0,146	− 6	+0,2	+ 67	− 74
1872	+0,157	+0,115	+0,269	+0,123	+0,166	+0,186	+ 8	0	+ 76	+ 67
1873	−0,093	+0,230	+0,262	+0,168	+0,142	+0,206	− 5	+0,4	+ 99	− 57
1874	0,012	+0,070	+0,183	+0,039	+0,070	+0,111	+ 9	+0,1	−234	− 80
1875	+0,435	+0,271	+0,150	+0,111	+0,242	+0,073	−25	+1,1	− 5	+ 54
1876	+0,385	+0,459	+0,326	+0,166	+0,334	+0,233	−12	−0,2	+198	− 14
1877	+0,724	+0,580	+0,276	+0,222	+0,451	+0,336	−12	+0,1	+ 84	+ 77
1878	+0,566	+0,227	+0,039	+0,315	+0,287	+0,196	+25	+0,1	+168	+150
1879	+0,351	+0,538	+0,425	+0,286	+0,400	+0,365	−22	−0,8	+180	+ 52
1880	−0,273	−0,326	−0,331	−0,097	−0,257	−0,390	− 8	−0,3	− 94	+ 61

la température moyenne des cinq mois, mai à septembre, elle est, comme je l'ai déjà indiqué, de + 16°,28 d'après la moyenne des 55 années, 1826-1880, c'est à cette moyenne que se rapporte l'écart marqué sur le tableau. Pour la quantité de pluie on trouve, pour chaque année, l'écart sur la somme annuelle des 12 mois, octobre à septembre, avec la moyenne annuelle des 55 ans, 824^{mm},4, et aussi l'écart sur la somme des 5 mois, mai à septembre, avec la moyenne que les 55 années d'observations donnent pour ces 5 mois, savoir 407^{mm},0. Ces cinq mois donnent, en moyenne, la moitié à peu près de la somme annuelle, en sorte que les écarts inscrits dans la dernière colonne devraient être la moitié environ, et de même signe, que ceux inscrits dans la colonne précédente, si l'excédent, ou le déficit, se repartissait également sur les différentes parties de l'année. Au lieu de cela, on trouve des divergences énormes, et même des oppositions de signe, ce qui montre bien l'impossibilité de trouver une relation directe entre l'écart sur le niveau et celui sur la quantité de pluie.

Un premier point que l'on peut signaler d'après ce tableau, est la grandeur des écarts en sens opposé, qui peuvent se rencontrer dans une série de 75 ans, ou de 55 ans pour les observations météorologiques; si l'on compare, par exemple, les valeurs extrêmes, on a :

	ÉCARTS EXTRÊMES						Amplitude totale.
	Positifs.			Négatifs.			
	m			m			m
Niveau de Juin	+ 0,724	en	1877	— 0,665	en	1832	1,389
» de Juillet	+ 0,796	»	1817	— 0,701	»	1858	1,497
» d'Août	+ 0,752	»	1816	— 0,681	»	1858	1,433
» de Septembre	+ 0,491	»	1831	— 0,608	»	1858	1,099
Moyenne des 4 mois	+ 0,509	en	1846	— 0,632	en	1858	1,141
Maximum annuel	+ 0,759	»	1817	— 0,794	»	1858	1,553
Date	+ 42 jours	»	1840	— 38 jours	»	1849	80 jours.
Température 5 mois	+ 2°,5	»	1834	— 1°,7	»	1851	4°,2
Somme annuelle de pluie.	+ 473^{mm}	»	1856	— 321^{mm}	»	1870	794^{mm}
Somme pour les 5 mois	+ 210	»	1856	— 175	»	1859	385

Un second point, que l'on peut signaler, est celui de la prédominance

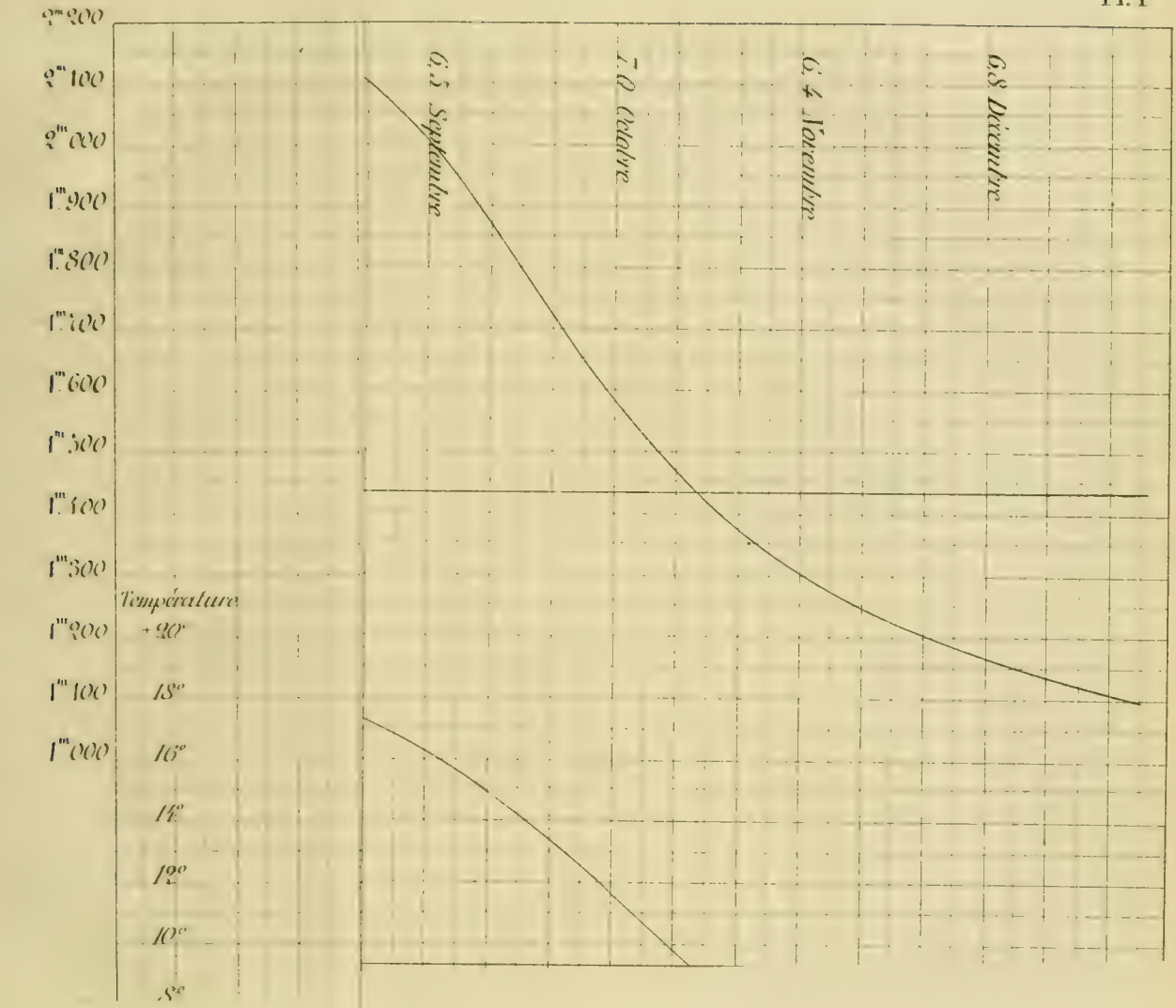
d'écarts de même signe, pour le niveau de l'eau, pendant un certain nombre d'années consécutives, et d'écarts de signe opposé, pendant une autre série d'années, en sorte que l'on peut former des périodes d'inégale longueur, pendant lesquelles le niveau de l'eau dans les mois d'été a été alternativement plus élevé, ou moins élevé, que d'après la moyenne générale. Dans chacune de ces périodes on rencontre un petit nombre d'années pour lesquelles l'écart est de signe opposé à celui de la majorité pour cette période, et la valeur numérique de l'écart présente également des différences; les écarts entre les moyennes des périodes sont néanmoins assez prononcés, pour qu'ils ne puissent pas être attribués aux écarts individuels d'une année à l'autre. Voici, par exemple, les périodes que l'on peut former :

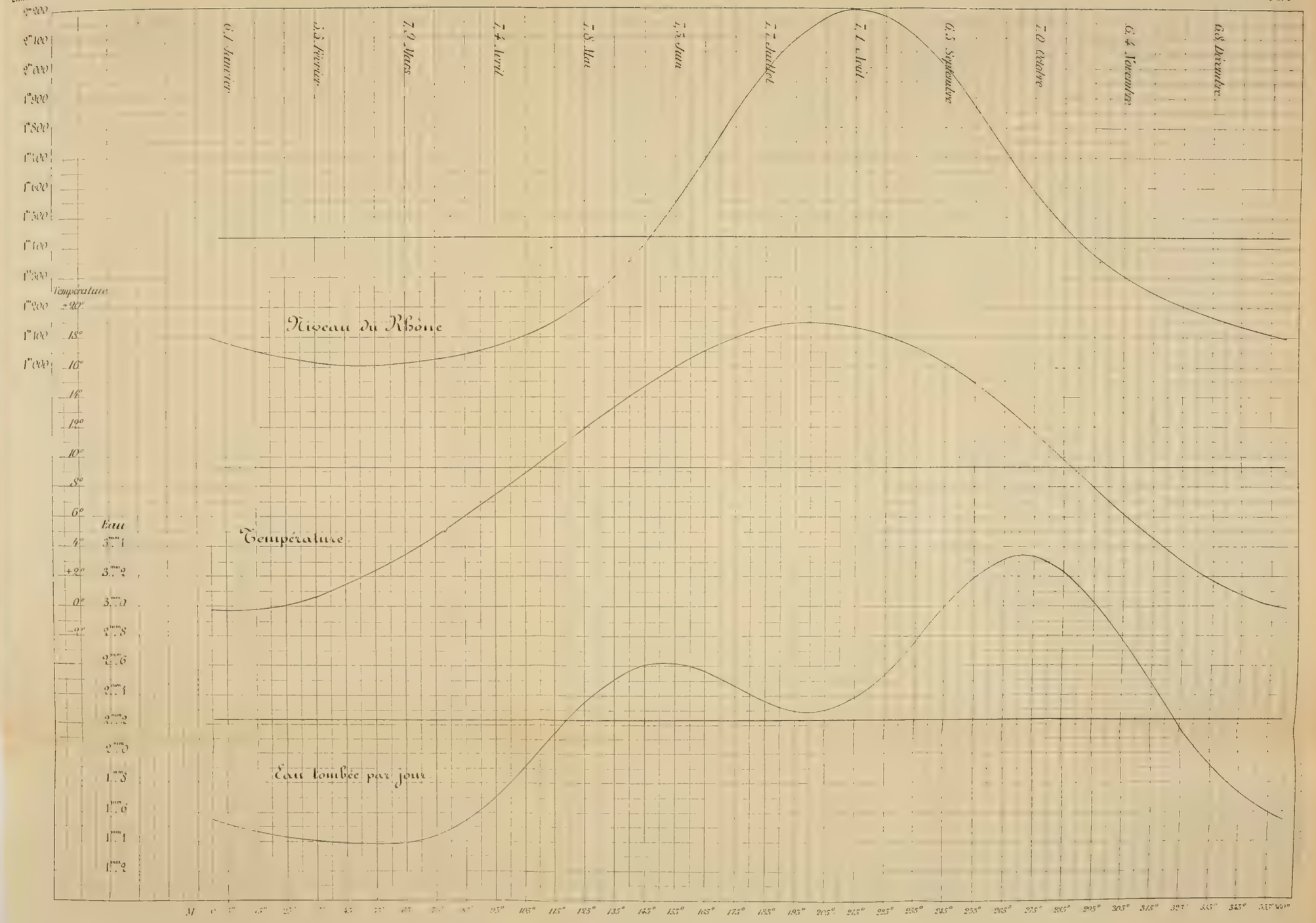
	ÉCART MOYEN					
Période.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Moyenne des 4 mois.	Maximum annuel.
	m	m	m	m	m	m
1806—1817	+ 0,094	+ 0,086	+ 0,145	+ 0,065	+ 0,098	+ 0,137
1818—1836	— 0,264	— 0,161	— 0,073	— 0,027	— 0,131	— 0,066
1837—1849	+ 0,109	+ 0,161	+ 0,027	— 0,025	+ 0,068	+ 0,075
1850—1862	— 0,215	— 0,262	— 0,208	— 0,170	— 0,214	— 0,216
1863—1880	+ 0,234	+ 0,151	+ 0,095	+ 0,120	+ 0,150	+ 0,082

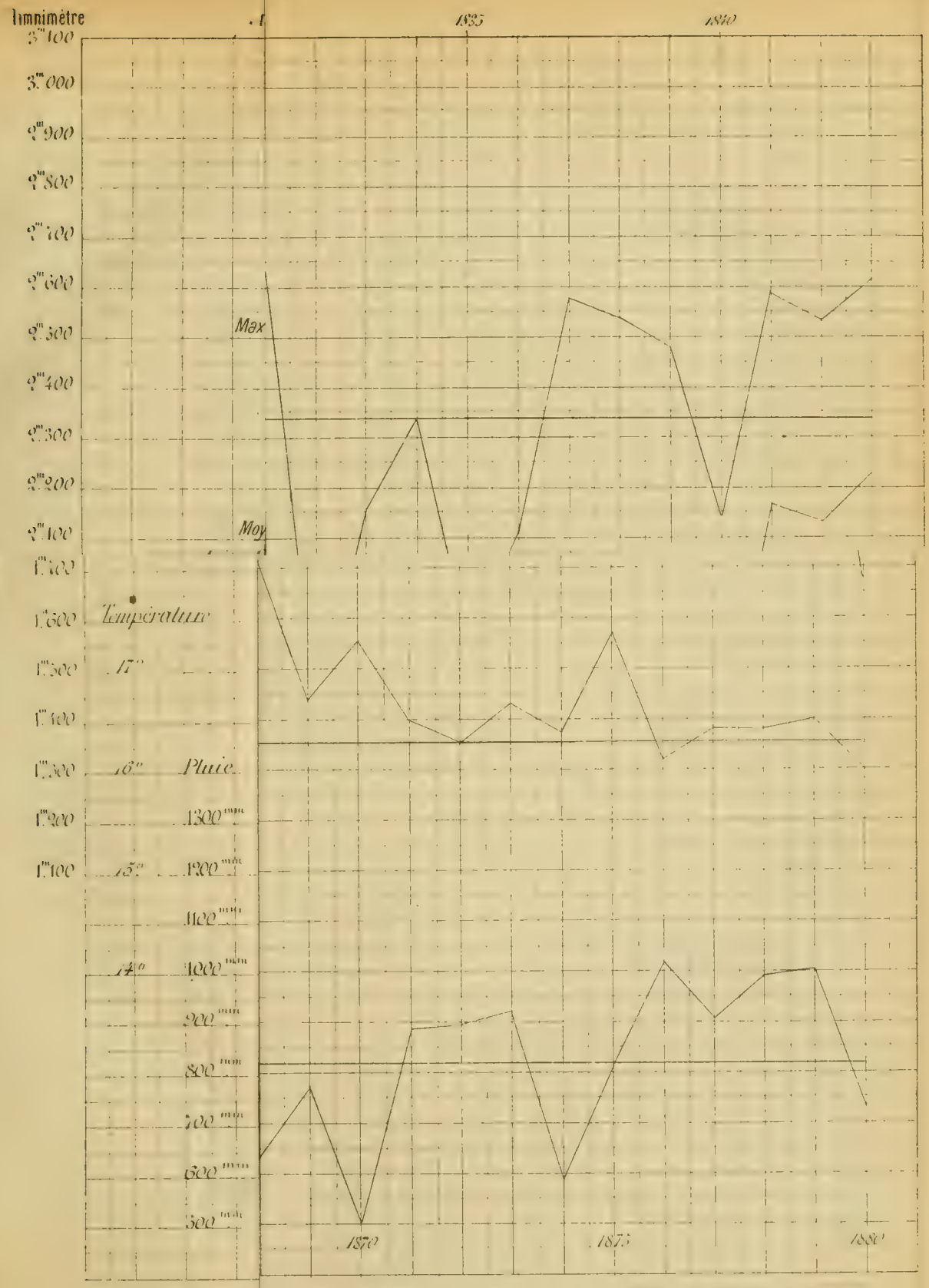
Comme les observations météorologiques de Genève ne remontent pas au delà de l'année 1826, il n'est pas possible de faire de période à période la comparaison de l'écart sur le niveau, et de celui sur les données relatives à la température et à la quantité de pluie. Mais il y a un autre motif pour lequel une pareille comparaison ne peut pas être faite, c'est celui qui découle des considérations développées plus haut sur l'influence exercée par l'endiguement du Rhône et le déboisement des montagnes, pour accélérer et augmenter en même temps la crue estivale. C'est surtout la dernière période qui a dû être affectée par cette cause, aussi trouve-t-on au commencement de l'été, en juin et en juillet, un excédent considérable sur le niveau moyen, tandis que celui sur les mois d'août et de septembre, et sur le maximum annuel, est beaucoup moins prononcé.

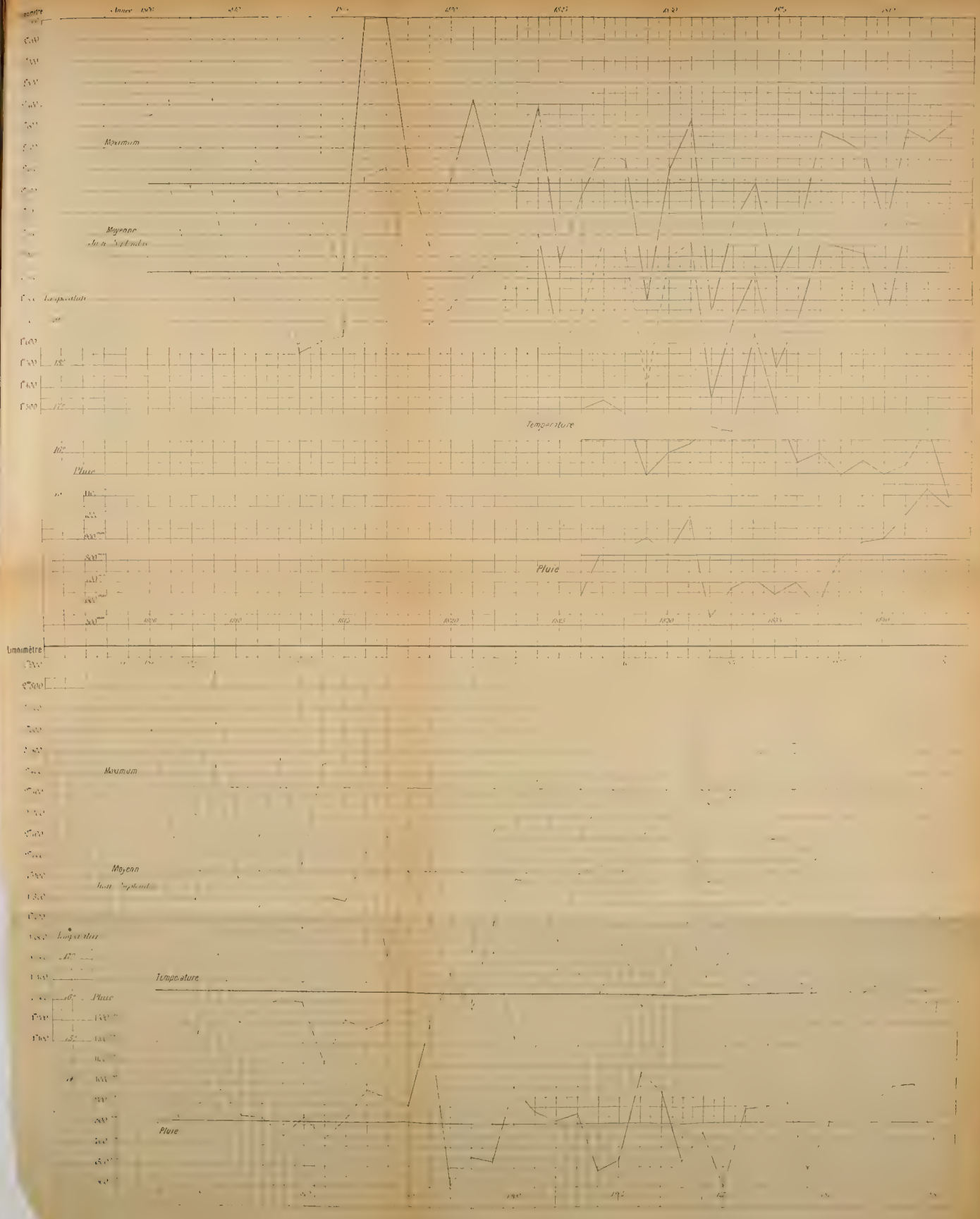
La série des 75 années débute ainsi par une période de niveaux élevés, qui a commencé peut-être avant l'année 1806, puis vient une période de niveaux bas, pendant laquelle, depuis l'année 1826 du moins, il y avait une prédominance d'années sèches. Pendant la période de niveaux élevés, de 1837 à 1849, il y a une prédominance d'années humides, mais une température peu élevée pendant l'été, sauf en 1846, où les eaux se sont élevées à un niveau exceptionnel. Dans la période de 1850 à 1862, on trouve une prédominance d'années sèches, en même temps que d'étés à température peu élevée, aussi le niveau des eaux s'est-il maintenu très bas en moyenne dans cette période. Enfin, dans la dernière période de niveaux élevés, l'on trouve en moyenne des été chauds, et si la quantité de pluie ne présente pas, en moyenne, d'excédent, la crue estivale a dû être augmentée par suite de l'endiguement du Rhône et du déboisement des montagnes; cet effet a dû se manifester surtout dans les averses torrentielles, qui ont été assez fréquentes dans les étés des dernières années.

L'année 1880, qui clôt la série, s'écarte assez notablement des précédentes, elle a été néanmoins réunie à la période formée par celles-ci; ce n'est, en effet, que par la suite que l'on pourra reconnaître si une nouvelle période de niveaux relativement peu élevés commence avec l'année 1880, ou si l'abaissement pour cette année est un simple accident au milieu de la période, comme l'on en trouve des exemples dans les précédentes.


Limnimètre
2m800
2m100
2m000
1m900
1m800
1m700
1m600
1m500
1m400
1m300
1m200
1m100
1m000
Température
+20°
18°
16°
14°
12°
10°
8°
6,5 Septembre
7,0 Octobre
6,4 Novembre
6,8 Décembre


Limnimètre
Température
Eau
Niveau du Rhône
Température
Eau tombée par jour
0.1 Janvier
3.3 Février
7.9 Mars
7.4 Avril
7.8 Mai
7.3 Juin
7.7 Juillet
7.1 Août
6.5 Septembre
7.0 Octobre
6.4 Novembre
6.8 Décembre


limnimètre
1835
1840
3m100
3m000
2m900
2m800
2m700
2m600
2m500
2m400
2m300
2m200
2m100
Max
Moy
1m600
1m500
1m400
1m300
1m200
1m100
Température
17°
16°
15°
14°
Pluie
1300mm
1200mm
1100mm
1000mm
900mm
800mm
700mm
600mm
500mm
1870
1875
1880


Année
Maximum
Moyenne
Température
Température
Pluie
Pluie
Limnimètre
Maximum
Moyenn
Température
Température
Pluie
Pluie

RECHERCHES

SUR

SATURNE, SES ANNEAUX ET SES SATELLITES

D'APRÈS

Les observations faites à l'équatorial de dix pouces d'ouverture de l'Observatoire de Genève pendant l'opposition de 1880

PAR

M. Wilhelm MEYER
Astronome-adjoint

PREMIÈRE PARTIE

Observations sur Saturne et ses anneaux.

Les séries de mesures micrométriques contenues dans ce travail sont les premières observations suivies faites avec le puissant instrument offert au canton de Genève par M. Ém. Plantamour. Leur but principal ne pouvait pas encore être d'avancer beaucoup notre connaissance du monde de Saturne, le plus étendu et le plus compliqué du système solaire, car il s'agissait d'abord de bien connaître l'instrument lui-même, de se familiariser avec son emploi et de chercher la méthode d'observation dont on pourra tirer les meilleurs résultats pour une série d'observations ultérieures. Me plaçant à ce point de vue, j'ai cru bien faire

d'entrer dans quelques détails sur les recherches suivantes dont l'influence sur le résultat final ne sera peut-être pas considérable, mais qui peuvent probablement servir à indiquer l'arrangement le plus favorable pour les observations à faire lors de la prochaine opposition de Saturne. Dans les oppositions de 1881 à 1884, les conditions astronomiques seront meilleures qu'en 1880, comme on peut le voir par le petit tableau suivant,où j'ai donné, d'après le *Nautical Almanac*, la date, le logarithme de la moindre distance de Saturne à la terre Δ, la déclinaison δ, enfin les valeurs maxima du grand axe et du petit axe a et b de l'anneau.

Date.	$lg\,\Delta$	δ	a	b
1880 Octobre..... 15	0.92028	+ 7°21′	45″,06	11″,54
1881 Octobre..... 28	0.91532	12° 3′	45,57	15,10
1882 Novembre.... 11	0.91105	16°11′	46,01	18,04
1883 Novembre.... 26	0.90781	19°29′	46,35	20,02
1884 Décembre.... 10	0.90587	21°40′	46,54	20,90

Les observations de 1880 ont été faites avec un micromètre à fils. La vis micrométrique, dont une révolution correspond à très peu près à 30″ d'arc, n'a pas encore été suffisamment étudiée pour faire connaître dans toute son étendue la valeur d'un tour avec l'exactitude désirable. Le tambour est divisé en 30 parties, et celles-ci sont assez espacées pour permettre d'estimer les vingtièmes de partie. La relation entre une partie du tambour et une seconde d'arc, adoptée dans les calculs suivants, est

$$1\,p = 0'',99672 \pm 0'',00056$$

A l'exception d'une seule soirée les mesures ont toujours été faites à peu près dans la même partie de la vis, en sorte que l'on pourra tenir compte d'une inégalité des différents tours de vis, si des recherches subséquentes la mettaient en évidence, en multipliant les résultats actuels par un facteur constant, qui sera en tous cas bien près de l'unité. D'après l'erreur moyenne de la valeur d'une partie indiquée plus haut, l'incertitude provenant de cette cause peut s'élever à 0″,025 dans les résultats des mesures relatives aux anneaux et aux satellites intérieurs à

Dione, et à 0″,11 au maximum pour Titan. L'erreur de ces résultats, provenant de l'accord imparfait entre les observations du même soir, est à peu près le double de celle due à l'incertitude sur les pas de vis, comme on le verra par la suite.

Le cercle de position permet de déterminer, au moyen d'un vernier, une direction angulaire à 5 minutes d'arc près, par un seul ajustement. Pendant toute la durée des observations, le micromètre n'a pas été enlevé de l'instrument, et la direction du parallèle sur le cercle de position a été déterminée par un assez grand nombre d'observations de passages d'étoiles. Cette direction correspond à la lecture 337°31′,0.

L'instrument suit la marche diurne des astres au moyen d'un moteur à eau, mais celui-ci laisse encore à désirer. L'ajustement sur le fil du milieu reste rarement assez constant pendant le temps nécessaire pour ajuster le fil mobile sur le point voulu, et l'on était obligé d'attendre quelquefois assez longtemps pour profiter d'un moment favorable, où le mouvement fût plus régulier. On s'occupe maintenant de corriger ce défaut, qui a sans doute augmenté considérablement l'erreur moyenne d'un ajustement, et qui rendait les observations très difficiles.

Les observations se font sur champ obscur, les fils étant éclairés; l'éclairage a toujours été excellent, et surtout très uniforme sur toute l'étendue du réticule. Les oculaires employés sont les N^os^ IV avec un grossissement de 350, et V grossissant 450 fois. Enfin la perfection optique de l'instrument est tout à fait satisfaisante, et j'aurai l'occasion d'en donner des preuves dans la partie de ce travail dans laquelle je m'occuperai des satellites de Saturne. Quant aux anneaux de la planète, j'en ai vu quatre à plusieurs reprises, et distinctement; ceux formés par l'intervalle de Cassini, déjà visible dans des instruments moins puissants, par l'intervalle de Encke que souvent on ne voit pas dans des lunettes de la même force que la nôtre, et enfin l'anneau obscur, découvert par Bond avec un objectif de quinze pouces. Dans trois soirées de l'automne passé, qui a été en général extraordinairement favorable aux observations, j'ai vu ce dernier anneau assez bien pour prendre les mesures micrométriques qu'on trouvera plus loin.

J'ai commencé les observations de Saturne le 9 août, mais sans utiliser les deux premières soirées; la série des observations sur la planète et son anneau, donnée dans le tableau suivant, commence le 12 août pour se terminer au 6 décembre. Chaque chiffre du tableau étant la moyenne de cinq ajustements faits dans la même soirée, celui-ci représente 1045 observations. Le nombre entier des ajustements sur lequel est basé ce travail s'élève à 2035.

TABLEAU I

	1880	*t*	N	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	M	0c.
		h m	° ′	t p	t p	t p	t p	t p	t p	t p	t p	t p	t p	t p	
1	Août 12	13 0	337 9	23 24.56	23 32.22	23 36.62	23 55.36	24 0.37	24 15.56	24 20.02	24 38.48	24 43.76	24 50.70	24 7.66	IV
2	» 13	13 4	—	26 50.20	26 43.00	26 37.58	26 18.32	26 14.26	25 59.08	25 53.92	25 35.76	25 30.41	25 22.80	26 6.71	IV
3	» 14	13 2	336 15	23 24.18	23 31.70	23 36.52	23 55.72	24 0.76	24 15.20	24 20.20	24 39.00	24 43.62	24 50.96	24 7.85	IV
4	» 18	13 1	336 50	23.92	31.79	36.52	55.71	0.16	15.32	19.88	39.20	43.52	51.52	7.75	—
5	» 24	12 29	336 45	23.66	31.70	36.56	55.66	0.68	15.68	20.97	39.63	44.23	51.80	7.73	V
6	» 27	13 17	336 56	23.30	31.06	36.38	55.32	0.22	15.46	19.98	39.60	44.42	52.08	8.01	IV
7	Sept. 20	10 50	336 38	21.84	30.56	35.42	55.34	0.16	16.32	21.16	40.44	46.28	53.50	7.92	IV
8	» 22	11 29	336 8	21.90	29.90	35.62	55.10	0.70	16.31	21.26	40.80	45.64	53.96	8.01	IV
9	» 23	12 44	336 14	21.48	30.24	35.38	55.13	0.16	15.64	20.62	40.40	45.80	53.78	7.91	IV
10	» 24	10 39	336 41	22.04	30.19	35.20	55.58	0.44	16.38	21.40	40.88	46.12	54.39	8.13	IV
11	» 25	12 21	336 11	39.11	47.11	52.44	24 12.18	17.30	32.93	38.02	57.56	25 2.56	25 10.22	25.04	V
12	» 29	12 42	336 0	39.18	47.24	52.76	12.62	17.04	33.68	38.80	58.64	4.02	11.86	25.18	—
13	Oct. 1	11 34	336 12	39.00	47.00	52.54	12.30	17.48	34.14	38.72	58.02	3.54	11.72	25.32	IV
14	» 8	13 25	336 10	39.04	47.34	52.83	12.82	17.58	33.62	38.62	58.90	4.26	12.02	25.41	V
15	» 10	11 3	336 17	38.88	47.26	52.68	12.14	17.34	34.26	39.04	59.16	3.58	12.66	25.88	IV
16	» 31	9 8	336 9	39.58	47.39	52.53	12.72	17.66	34.32	38.96	59.26	4.26	12.61	25.93	V
17	Nov. 1	10 43	335 39	39.51	47.46	52.88	13.03	17.74	34.00	39.09	58.74	4.41	12.69	26.23	V
18	» 10	12 53	335 41	39.96	48.22	53.00	13.28	18.36	34.50	38.82	59.20	4.22	12.28	25.92	V
19	Déc. 6	11 33	335 21	41.14	49.18	54.34	13.17	18.16	33.66	38.36	57.60	2.90	10.64	25.75	V

Ce tableau contient dans la colonne *t* l'instant moyen des observations de chaque soirée exprimé en temps moyen de Genève; dans la colonne N la moyenne des lectures du cercle de position, le fil horizontal coïncidant avec le grand axe de l'anneau. Les colonnes (1) à (10) renferment les moyennes des cinq lectures du tambour de la vis micrométrique pour les dix différents ajustements du fil mobile sur les points suivants de l'anneau et du disque de la planète et qui sont faits régulièrement chaque nuit d'observation : Pour les ajustements (1) à (5),

l'extrémité orientale de l'anneau coïncide avec le fil du milieu; (1) est la lecture du tambour, le fil mobile étant ajusté sur l'extrémité occidentale de l'anneau; (2) celle pour l'ajustement sur le bord intérieur de l'anneau sur son côté occidental, (3) celle pour le bord occidental, et (4) celle pour le bord oriental du disque de la planète; enfin (5) est l'ajustement du fil mobile sur le bord intérieur de l'anneau à son côté oriental. Pour les ajustements (6) à (10), l'extrémité occidentale de l'anneau est ajustée sur le fil du milieu : (6) est la lecture du tambour quand le fil mobile était ajusté sur le bord intérieur de l'anneau à l'ouest de la planète, (7) celle pour le disque de la planète du côté ouest et (8) du côté est; (9) celle pour le bord intérieur de l'anneau du côté est et (10) est l'ajustement du fil mobile sur l'extrémité orientale de ce dernier. La colonne M du tableau contient la lecture du fil du milieu sur le tambour de la vis micrométrique pour chaque soirée. Cette lecture est déterminée par un assez grand nombre d'ajustements du même objet des deux côtés du fil du milieu; j'ai fait, outre les observations ci-dessus, des mesures micrométriques du diamètre polaire de Saturne, et des diamètres équatorial et polaire de Jupiter. Les deux dernières colonnes du tableau indiquent l'oculaire employé et la qualité de l'image; 1 est mis pour très bonne, 2 pour bonne, 3 pour médiocre et 4 pour mauvaise. Mais dans la déduction des résultats de ces observations, j'ai fait abstraction de la différence entre la qualité de l'image pour les différentes soirées, en leur donnant le même poids, parce que dans le cas où l'image était moins nette, j'ai toujours attendu un moment favorable qui permît de faire un ajustement dont l'exactitude me parût suffisante; j'ajoute que le numéro 4 n'indique pas encore une très mauvaise image, les observations de Saturne ayant été restreintes aux soirs où les conditions atmosphériques n'étaient pas décidément défavorables. Quant au mode d'observation en général, il importe de remarquer que j'ai toujours tâché, autant que possible, d'amener sous le milieu où dans l'axe des fils les points qui étaient visés.

Le tableau suivant contient les données qui déterminent la position de

la planète pour l'instant moyen de chacune des dix-neuf soirées. La première colonne donne la déclinaison δ, la 2me et la 3me l'angle horaire ϑ et la distance zénithale z, les deux dernières le logarithme de la distance à la terre, lg Δ, et enfin lg $\frac{\Delta}{r}$, c'est-à-dire le rapport de cette distance à la distance moyenne de Saturne au soleil, à laquelle toutes les observations seront rapportées.

Je dois faire remarquer ici que j'ai négligé dans les calculs suivants l'influence de la réfraction de l'air sur les distances mesurées. L'erreur maximum, qui en résulte, ne dépasse pas un centième de seconde d'arc pour les observations de Saturne et de son anneau.

TABLEAU II

N°	δ	ϑ	z	$lg\,\Delta$	$lg\,\frac{\Delta}{r}$
		h m	° ′		
1	+ 8° 40′	— 3 23	57° 12′	0.95011	9.97061
2	8 40	— 3 15	55 57	0.94936	9.96986
3	8 40	— 3 13	55 38	0.94863	9.96913
4	8 38	— 2 59	53 33	0.94569	9.96619
5	8 34	— 3 7	54 48	0.94127	9.96177
6	8 31	— 2 6	46 20	0.93941	9.95991
7	8 3	— 2 55	53 24	0.92621	9.94671
8	8 0	— 2 8	47 1	0.92539	9.94589
9	7 58	— 0 48	39 36	0.92499	9.94549
10	7 56	— 2 48	52 29	0.92465	9.94515
11	7 54	— 1 3	40 38	0.92423	9.94473
12	7 48	— 0 35	39 16	0.92299	9.94349
13	7 45	— 1 25	42 34	0.92246	9.94296
14	7 33	+ 0 56	40 29	0.92101	9.94151
15	7 30	— 1 18	42 11	0.92074	9.94124
16	6 54	— 1 44	43 47	0.92173	9.94223
17	6 53	— 0 5	39 20	0.92196	9.94246
18	6 39	+ 2 43	52 49	0.92469	9.94519
19	6 15	+ 3 10	57 05	0.93839	9.95889

TABLEAU III

1880		p	Différence.
Août..	11	+ 0°.40	— 0°.68
»	12	0.37	— 0.71
»	14	1.27	+ 0.19
»	18	0.68	— 0.40
»	24	0.77	— 0.32
»	27	0.58	— 0.52
Sept..	20	0.88	— 0.36
»	22	1.38	+ 0.14
»	23	1.28	+ 0.04
»	24	0.83	— 0.44
»	25	1.33	+ 0.06
»	29	1.52	+ 0.22
Octob.	1	1.32	0.00
»	8	1.35	— 0.01
»	10	1.23	— 0.17
»	31	1.37	— 0.21
Nov...	1	1.87	+ 0.29
»	10	1.83	+ 0.17
Déc...	6	2.17	+ 0.35
Moyenne.		— 0°.125	
Erreur moy. de la moyen.		± 0°.075	
Erreur d'une observation.		± 0°.32	

Le tableau III renferme dans la colonne p les valeurs 337°31′,0—N,

les minutes étant converties en fractions de degré. Les observations du 11 août remplacent celles du 13 qui ont dû être supprimées; ce jour-là le réticule était tourné du mauvais côté, en sorte qu'on doit multiplier par — 1 tous les chiffres résultant des opérations arithmétiques à faire avec les ajustements du 13, contenus dans le tab. I. La quantité p est l'angle de position du grand axe de l'anneau, compté dans la direction ouest-nord, à partir du côté ouest du parallèle passant par le centre de la planète; la colonne suivante donne la différence entre cette valeur et celle calculée par M. Marth, à Londres, qui a publié une éphéméride pour les observations physiques de Saturne, dans les *Astronomische Nachrichten* № 2328. La moyenne de ces différences est $-0°,125 = -7',5$ avec une incertitude de $\pm$ 4′,5; l'erreur moyenne pour une seule soirée s'élève à $\pm$ 19′,2. Je trouve donc l'inclinaison de l'anneau sur le cercle

TABLEAU IV

N°	A	B	C	D	E	F	G	H	I	(M)	M—(M)
	p	p	p	p	p	p	p	p	p	t p	p
1	40.25	33.12	29.01	11.50	6.81	7.38	11.55	28.80	33.74	24 7.63	+0.03
2	40.77	33.86	28.80	10.83	7.04	7.12	11.93	28.87	33.87	26 6.50	+ 0.21
3	40.41	33.67	29.18	11.30	6.60	6.85	11.50	29.03	33.33	24 7.57	+ 0.27
4	40.52	33.27	28.89	11.14	7.02	7.00	11.23	29.10	33.09	7.72	+ 0.03
5	40.36	32.99	28.54	11.05	6.46	7.28	12.12	29.21	33.42	7.73	0.00
6	40.48	32.74	28.84	11.57	7.10	6.79	10.91	28.80	33.20	7.69	+ 0.32
7	40.54	33.05	28.75	11.13	6.86	7.43	11.71	28.77	33.93	7.67	+ 0.25
8	40.64	33.65	28.60	11.40	6.45	7.33	11.69	28.95	33.22	7.93	+ 0.08
9	40.71	33.23	28.68	11.26	6.84	6.82	11.21	28.66	33.42	7.63	+ 0.28
10	40.69	33.44	29.02	11.06	6.78	7.26	11.70	28.86	33.48	8.21	—0.08
11	40.11	33.40	28.71	11.32	6.81	6.95	11.41	28.63	33.04	24.66	+ 0.38
12	40.69	33.31	28.46	11.03	7.15	7.46	11.96	29.38	34.10	25.52	—0.34
13	40.69	33.64	28.75	11.42	6.88	7.73	11.75	28.68	33.52	25.36	—0.04
14	40.63	33.34	28.47	11.00	6.84	7.17	11.55	29.27	33.95	25.53	—0.12
15	40.96	33.73	29.00	12.00	7.46	7.32	11.47	29.06	32.95	25.77	+0.11
16	40.73	33.74	29.24	11.57	7.24	7.34	11.41	29.18	33.56	26.09	—0.16
17	40.81	33.96	29.21	11.56	7.44	6.80	11.27	28.47	33.44	26.10	+ 0.13
18	40.69	33.23	29.02	11.14	6.66	7.56	11.37	29.33	33.76	26.12	—0.20
19	40.71	33.26	28.57	11.46	6.83	7.20	11.47	28.97	33.79	25.89	—0.14
Moyenne..	40.600	33.402	28.828	11.302	6.909	7.199	11.538	28.948	33.516		+ 0.053
Err. moy..	±0.047	±0.065	±0.057	±0.067	±0.067	±0.062	±0.067	±0.059	±0.076		±0.046
1 observ..	±0.201	±0.281	±0.241	±0.275	±0.276	±0.264	±0.284	±0.248	±0.323		

du parallèle passant par son centre un peu plus faible que celle qui a été donnée par Bessel, sur les recherches duquel Marth a basé ses calculs.

Dans le tableau IV on trouve les valeurs suivantes :

$$A = \frac{\Delta}{r}((10)-(1)) \qquad F = \frac{\Delta}{r}((6)-M)$$

$$B = \frac{\Delta}{r}(M-(2)) \qquad G = \frac{\Delta}{r}((7)-M)$$

$$C = \frac{\Delta}{r}(M-(3)) \qquad H = \frac{\Delta}{r}((8)-M)$$

$$D = \frac{\Delta}{r}(M-(4)) \qquad I = \frac{\Delta}{r}((9)-M)$$

$$E = \frac{\Delta}{r}(M-(5)) \qquad (M) = \frac{1}{2}((1)+(10))$$

La dernière colonne donne les différences de (M) avec M du tabl. I. (M) est la lecture du fil du milieu dérivée seulement des ajustements du fil mobile sur l'extrémité de l'anneau des deux côtés du fil du milieu; M est la lecture trouvée par la même méthode d'observation employée dans la même soirée pour différents objets. Or les différences M — (M) montrent très bien que le mode d'ajustement pour l'anneau de Saturne n'était pas le même que pour les autres parties de l'astre observé. Si l'on regarde M comme la vraie lecture du centre du fil du milieu, puisque cette valeur est dérivée du plus grand nombre disponible d'observations, j'aurais alors ajusté l'extrémité de l'anneau en général trop du côté ouest du centre du fil. Mais ces différences indiquent en même temps un changement dans le mode d'observation, un changement d'équation personnelle pour un des objets observés, et qui doit s'être produit pour moi à la fin du mois de septembre. La moyenne des différences du 12 août au 25 septembre est $+ 0{,}161 \pm 0{,}046$, mais du 29 septembre au 6 décembre, $- 0{,}095 \pm 0{,}056$. Bien que la moyenne de ces différences $+ 0{,}053$ ne dépasse presque pas l'erreur probable dont elle est affectée, ce qui rend cette moyenne même problématique, la réalité d'un changement dans la méthode d'ajustement n'en reste pas moins probable, parce que l'erreur moyenne des deux moyennes des différences M — (M) pour

les observations du 12 août au 25 septembre et du 29 septembre au 6 décembre est relativement beaucoup plus faible, et une question se pose alors : quelle série ce changement d'équation affecte-t-il le plus, ou des observations donnant la lecture M, ou de celles des extrémités de l'anneau qui ont fourni la lecture (M)? Enfin il serait important de savoir si un changement semblable s'est produit pour les ajustements (2) à (9). Mais il me semble que les observations ne fournissent pas assez d'éléments pour répondre à ces questions. Il suffit d'avoir démontré que le mode d'ajustement est très probablement différent pour chaque objet et qu'il peut également changer pour le même. Il sera donc utile de coordonner les observations pour une série ultérieure de manière qu'ils donnent la lecture du fil du milieu pour chaque objet afin de pouvoir éliminer l'erreur individuelle de chaque cas spécial.

TABLEAU V

N°	*f*	*e*	*g*	Ph	*d*	Ph
	p	p	p	p	p	
1	7.25	6.66	11.40	— 0.04	11.47	
2	7.01	6.97	11.95	0.04	11.36	
3	6.80	6.84	11.36	— 0.04	11.34	
4	7.13	7.22	11.43	- 0.04	11.28	
5	7.32	6.70	11.97	0.04	11.10	
6	7.26	7.19	11.27	- 0.03	11.92	
7	7.46	6.73	11.75	— 0.02	11.45	
8	7.16	6.93	11.86	— 0.01	11.54	
9	7.15	7.06	11.62	- 0.01	11.66	
10	7.26	7.00	11.68	0.01	11.45	
11	6.88	6.94	11.41	0.01	11.40	
12	7.42	6.87	12.10	0.01	11.17	
13	7.39	7.02	11.84	0.01	11.72	
14	7.23	6.76	11.85		11.18	
15	7.27	7.73	11.71		11.95	
16	7.16	7.20	11.45		11.56	
17	6.82	7.40	11.37		11.45	
18	7.51	6.80	11.52		11.25	0.01
19	7.33	6.87	11.75		11.60	— 0.03
Moyenne.	7.200	6.994	11.631		11.464	
Erreur moyenne. . . .	± 0.047	± 0.061	± 0.054		± 0.054	
Erreur d'une observat.	± 0.200	± 0.259	± 0.230		± 0.231	

Pour les observations de 1880, j'ai pensé qu'il valait mieux prendre la moyenne des deux modes d'observation employés.

Si l'on désigne par f la largeur de l'anneau de son côté Ouest, par e celle du côté Est, par g et d les distances entre le bord de la planète et l'extrémité de l'anneau des côtés Ouest et Est, et le bord correspondant de la planète, ces quantités sont données par les formules

$$f = \frac{1}{2}(\mathrm{A} - \mathrm{B} + \mathrm{F})$$

$$e = \frac{1}{2}(\mathrm{A} + \mathrm{E} - \mathrm{I})$$

$$g = \frac{1}{2}(\mathrm{A} - \mathrm{C} + \mathrm{G})$$

$$d = \frac{1}{2}(\mathrm{A} + \mathrm{D} - \mathrm{H})$$

d'après lesquelles les chiffres du tabl. V ont été obtenus.

Les colonnes Ph du tabl. V donnent la correction qui a été appliquée pour la phase de la planète dans les colonnes g et d.

Pour la moyenne de ces quatre séries, l'erreur moyenne d'une observation est $\pm$ 0,230; celle des huit séries B à I du tabl. IV est $\pm$ 0,274, soit de 0,04 seulement plus grande que la première, mais puisque chaque valeur de f, e, g et d équivaut à deux observations des séries B à I, l'erreur moyenne a été augmentée par le procédé arithmétique que je viens d'employer pour éliminer au moins en partie une erreur constante de la valeur M, que les considérations précédentes avaient supposée possible; cela accroît la probabilité de M comme meilleure lecture du fil du milieu. Mais si une telle erreur existait encore, elle aurait le même signe pour les mesures faites du même côté du centre de Saturne et elle changerait de signe pour l'autre côté. Voilà pourquoi les différences assez faibles $f-e$ et $g-d$, qui offrent un intérêt spécial pour la question de la position du globe de Saturne dans son anneau, ne sont pas prouvées en réalité d'une manière assez convaincante. Or, pour rendre plus certaine la relation entre les deux côtés de l'anneau, j'ai encore déterminé les valeurs suivantes :

$$f_1 = \frac{\Delta}{r}((2)-(1))$$

$$c_1 = \frac{\Delta}{r}((10)-(9))$$

$$g_1 = \frac{\Delta}{r}((3)-(1))$$

$$d_1 = \frac{\Delta}{r}((10)-(8))$$

Ces valeurs sont contenues dans le tableau suivant.

TABLEAU VI

N°	f_1	c_1	g_1	d_1
	p	p	p	p
1	7.16	6.49	11.27	11.42
2	6.72	7.10	11.77	12.09
3	7.00	6.84	11.49	11.14
4	7.28	7.40	11.66	11.40
5	7.36	6.93	11.81	11.14
6	7.08	6.99	11.93	11.38
7	7.71	6.39	12.01	11.55
8	7.06	7.35	12.11	11.62
9	7.73	7.04	12.26	11.80
10	7.18	7.29	11.59	11.91
11	7.04	6.74	11.74	11.15
12	7.08	6.88	11.92	11.61
13	7.02	7.17	11.87	12.01
14	7.25	6.78	12.05	11.47
15	7.32	7.93	12.05	11.79
16	6.84	7.31	11.34	11.69
17	6.96	7.25	11.71	12.22
18	7.28	7.10	11.49	11.53
19	7.31	7.04	12.01	11.86
Moyenne.	7.178	7.054	11.778	11.648
Erreur moyenne . . .	± 0.058	± 0.081	± 0.062	± 0.068
Erreur d'une observat.	± 0.248	± 0.343	± 0.263	± 0.291

Les moyennes de g_1 et d_1 sont déjà corrigées pour la phase de la planète. Maintenant les différences entre les distances respectives des deux côtés de l'anneau deviennent pour les trois méthodes employées :

$F - E = +0.290$	$G - D = +0.236$
$f - e = +0.206$	$g - d = +0.167$
$f_1 - e_1 = +0.124$	$g_1 - d_1 = +0.160$

Je regarde donc comme établi par les observations consignées dans le tabl. I qu'à l'époque où elles ont été faites, *la largeur de l'anneau de Saturne a été plus forte à son côté ouest et que le centre même de la planète était plus près de l'extrémité est de l'anneau que de l'autre.*

La position excentrique du globe de Saturne avait été déjà constatée par plusieurs astronomes; par un grand nombre d'observations faites en 1851 avec le célèbre équatorial de Fraunhofer, de neuf pouces d'ouverture, Struve la trouva égale à 0″,21, mais avec le signe contraire; la distance entre le centre de la planète et l'extrémité ouest était la plus faible. Par contre, d'autres observateurs n'ont pu constater aucune excentricité. Ces faits portent nécessairement à croire que la direction du périsaturnium est sujette à un mouvement de révolution autour du centre de la planète. En effet, si l'on admet avec la plupart des mathématiciens qui se sont occupés théoriquement de ces questions, l'opinion que l'anneau est composé d'une multitude de particules indépendantes les unes des autres, ou en d'autres termes, si l'on croit que chaque point de l'anneau se meut autour de la planète comme s'il était un satellite de ce système secondaire, il est évident que la distance au périsaturnium d'un nombre considérable de ces particules se trouvant à peu près dans la même direction, doit subir la même influence des forces perturbatrices, qui produit un mouvement lent de la longitude du périsaturnium des orbites de toutes ces corpuscules, ce qui équivaut pour nous avec un mouvement de la direction de l'excentricité des anneaux. A ce point de vue, il serait donc très important pour les recherches sur la constitution de l'anneau, de pouvoir suivre les variations apparentes de cette excentricité. Mais, puisqu'il s'agit ici d'une quantité bien inférieure aux différences constantes entre deux observateurs ou deux instruments, différences qui, dans le cas de Saturne, ne peuvent pas être éliminées avec assez d'exactitude, il importe que des observations suivies soient

faites par la même personne avec le même instrument pendant un grand nombre d'années, conditions qui ne sont pas toujours faciles à réaliser.

L'erreur moyenne d'une des valeurs f_1 e_1, etc., se trouve d'après le tabl. VI égale à 0,286, donc beaucoup plus forte que celle des valeurs f e, etc., du tabl. V. Les f_1, e_1, etc., quoique non affectés de l'erreur de M, ont néanmoins une probabilité moins grande que les f, e, etc. Si l'on adopte celles-ci comme valeurs définitives, on a pour les dimensions de Saturne et de son anneau les chiffres suivants :

	″		″
Diamètre extérieur de l'anneau	40,600	ou	40.467
Diamètre intérieur de l'anneau	26,406	»	26.321
Diamètre équatorial de la planète	17,505	»	17.448
Distance entre le centre de la planète et l'extrémité occidentale de l'anneau	20,383	»	20.317
Largeur de l'anneau, ouest	7,200	»	7.177
» » est	6,994	»	6.971

Le diamètre de Saturne dans la direction polaire a été obtenu par des ajustements faits des deux côtés du fil du milieu, pour éliminer celui-ci par les observations mêmes. Dans le tabl. VII, je donne les valeurs de ce diamètre d'abord telles qu'elles résultent directement des observations des différentes soirées, et dans la colonne suivante les mêmes valeurs réduites à la distance moyenne de Saturne, enfin la dernière colonne indique le nombre d'ajustements doubles faits dans chaque soirée.

Mais ce diamètre n'est pas égal à la longueur de l'axe entre les deux pôles, parce que l'axe de rotation n'était pas perpendiculaire à la ligne de vision. Le chiffre obtenu représente le diamètre de la planète sous une certaine latitude saturni-centrique φ, et le rayon polaire se trouve par la formule

$$b = \frac{a\rho \sin \varphi}{\sqrt{a^2 - \rho^2 \cos^2 \varphi}}$$

dans laquelle a désigne le rayon équatorial, et ρ le rayon sous la latitude φ. Si l'on introduit dans cette formule les deux différences

$$\varepsilon = \frac{a - b}{a} \qquad l = \frac{a - \rho}{a}$$

et si l'on admet que la seconde puissance de ces valeurs est négligeable comme termes de second ordre, on arrive pour l'aplatissement à l'expression approchée

$$\varepsilon = \frac{l}{\sin^2 \varphi}$$

qui est suffisamment juste dans notre cas.

TABLEAU VII

DATE		L	$\frac{\Delta}{r}$ L	Nombre d'observations
		p	p	
Août.....	11	17.54	16.42	5
»	12	17.45	16.31	5
»	13	17.33	16.17	5
»	14	17.14	15.96	5
»	18	17.45	16.14	5
»	27	17.86	16.28	10
Septembre...	20	18.75	16.58	5
»	22	18.03	15.92	10
»	23	18.37	16.21	10
»	24	18.35	16.17	10
»	25	18.43	16.23	10
»	29	18.67	16.39	10
Octobre.....	8	18.77	16.40	10
»	10	18.48	16.14	10
»	31	18.68	16.35	10
Novembre...	1	18.75	16.42	10
»	10	18.68	16.46	10
Décembre...	6	18.10	16.46	10
			16.280 ± 0.042	150

Pour déterminer φ, il faut supposer que l'équateur de Saturne se trouve dans le plan de l'anneau. Si l'on appelle alors α et β le demi-grand axe et le demi-petit axe de l'anneau, on a

$$\cos \varphi = \frac{\beta}{\alpha}$$

β est pris avec le signe + si le pôle nord de Saturne est visible; à l'opposition de 1880, on voyait le pôle sud. Voici les quelques observations qui peuvent servir à déterminer la valeur de β.

TABLEAU VIII

DATE		T	$\frac{\Delta}{r}$ T
Septembre ...	22	10.96	9.68
»	23	10.67	9.41
»	24	10.79	9.51
»	25	10.87	9.57
»	29	10.97	9.63
Octobre.....	10	10.75	9.39
»	31	10.60	9.28
Octobre.....	2.5		9.496

T est la distance entre deux lignes parallèles, dont une est tangente au point le plus septentrional de l'anneau et dont l'autre passe par les points où les bords de l'anneau et de la planète se rencontrent. Soit maintenant y la distance perpendiculaire de l'un de ces points au grand axe de l'anneau, on a $T = y + \beta$; mais on cherche $\beta - y$, la correction à ajouter à la valeur observée de T, pour avoir le vrai petit axe de l'anneau. Les deux ellipses, l'anneau et le disque de Saturne, sont représentées par les formules

$$\alpha^2\beta^2 - \alpha^2 y^2 + \beta^2 x^2$$
$$a^2 b^2 = a^2 y^2 + b^2 x^2$$

où x et y sont les coordonnées du point de rencontre des deux ellipses. En introduisant dans ces formules $\beta + y = 2\iota = \frac{\Delta}{r} T$; $\beta - y = \lambda$; $\frac{a-b}{a} = \varepsilon$, on trouve, en négligeant les termes multipliés par les secondes puissances de λ et ε :

$$\lambda = \frac{\iota(a^2 - b^2 - 2a^2\varepsilon)}{2\alpha^2 - a^2}$$

L'aplatissement de Saturne ε, qu'on cherche, est encore contenu dans cette formule, mais son influence sur λ est très faible. On peut admettre que $\varepsilon = \frac{1}{10}$, valeur trouvée par Bessel. Alors les valeurs $2l = 9{,}496$, $\alpha = 20{,}300$, et $a = 8{,}753$ donnent $\lambda = 0{,}251$, donc $\beta = 4{,}873$ et $\varphi = 76^\circ 6',5$. De cette valeur introduite dans la formule pour l'aplatissement, il résulte enfin $\varepsilon = 0{,}0743$ ou $\frac{1}{13{,}4}$. Il va sans dire que l'inclinaison φ est variable; elle change avec la position géocentrique de Saturne. Mais comme l'influence de cette variation pendant la durée des observations de T est à peu près égale à l'erreur moyenne d'une observation, on peut prendre la moyenne des T comme valable pour la moyenne des instants d'observation, octobre 2,5.

Pendant l'opposition de 1880, les conditions astronomiques n'étaient pas bien favorables pour mesurer le petit axe de l'anneau, car son extrémité septentrionale se projetait sur le disque de la planète, en sorte qu'il n'était pas toujours facile de déterminer le point où le petit axe coupait l'anneau, et l'autre extrémité était complètement cachée derrière Saturne. La valeur de β ne mérite donc pas la confiance qu'on peut accorder aux autres mesures, bien que l'accord entre les observations de T soit assez satisfaisant. L'angle φ compris entre la ligne de vision sur Saturne et son axe de rotation pour oct. 2,5, en supposant toujours que celui-ci coïncide avec l'axe du plan de l'anneau, est très sensiblement affecté de cette incertitude sur β. Pour avoir une idée de l'erreur constante qu'on aura probablement commise pendant les mesures de T, on peut se servir des recherches de Bessel sur la direction de cet axe, déterminée très exactement par un grand nombre d'observations de la disparition de l'anneau aux moments où la terre passait par son plan. D'après cet astronome, on trouve la longitude L et la latitude B du pôle de l'anneau par les formules :

$$L = 76^\circ\ 53'\ 8'',9 + 46'',462\,(t - 1800)$$
$$B = 61^\circ\ 49'\ 44'',7 + 0'',350\,(t - 1800)$$

Pour octobre 2,5, ces formules donnent $L = 77°55',6$ et $B = 61°50',1$. L'ascension droite A et la déclinaison D de ce point sont : $A = 36°20',6$ et $D = 82°57',5$. L'on peut obtenir également une valeur de ces quantités A et D, donnant la direction de l'axe perpendiculaire au plan de l'anneau, à l'aide des observations de l'angle de position p du grand axe et de l'inclinaison φ, en se servant des formules trigonométriques

$$\sin D = \sin \delta \cos \varphi + \cos \delta \sin \varphi \cos p$$
$$\sin (\alpha - A) = - \frac{\sin \varphi}{\cos D} \sin p$$

où α et δ représentent l'ascension droite et la déclinaison géocentriques de Saturne. Dans notre cas, nous avons $\varphi = 76°6',5$; $p = + 1°12',0$; $\alpha = 25°47',0$ et $\delta = + 7°42',9$. L'angle p est donné par l'éphéméride de Marth, mentionnée plus haut, corrigée de $- 0°,125$, la différence moyenne de mes observations de cet angle avec cette éphéméride (voir tabl. III). De ces valeurs résultent $A = 36°30',2$ et $D = 83°43',5$. La différence de ces nombres avec ceux que l'on tire des recherches de Bessel n'est pas bien considérable : les deux A diffèrent de $9',6$, tandis que je trouve D de $46',0$ plus fort. Si l'on fait le calcul inverse, en cherchant φ par les valeurs de A et D données par Bessel, on trouve $\alpha = 75°21',9$ et $\zeta = - 5'',112$, donc un chiffre qui est de $0'',227$ plus fort que celui résultant des mesures de T. La différence est encore acceptable, vu la position peu favorable de l'anneau pour l'observation de son petit axe.

Outre les mesures micrométriques du diamètre équatorial et polaire de Saturne, que j'ai discutées plus haut, j'en ai fait aussi pendant mes observations de ses satellites, dont nous nous occuperons dans la seconde partie de ce travail. Il suffit ici de rappeler que les distances de ces satellites au centre de la planète sont déterminées chaque fois dans deux directions perpendiculaires, dont l'une est parallèle au grand axe et l'autre au petit axe de l'anneau. Pour chaque direction, deux mesures sont faites entre les deux bords de la planète et le satellite, et la diffé-

rence donnait par conséquent la valeur du diamètre de la planète dans les deux directions.

J'ajoute que les mesures des satellites sont toujours faites avec des grossissements inférieurs à ceux qui ont été employés pour les précédentes séries d'observations. Le tabl. IX donne les moyennes respectives de chaque soirée avec leur réduction à la distance moyenne de Saturne : a désignant le diamètre dans la direction de l'équateur et b celui dans la direction perpendiculaire à la première, les deux valeurs telles qu'elles résultent directement des observations.

TABLEAU IX

DATE 1880		(a)	$\frac{\Delta}{r}(a)$	(b)	$\frac{\Delta}{r}(b)$	Nombre d'observations
		p	p	p	p	
Août	14	18.83	17.54	17.98	16.75	8
»	17	19.30	17.88	17.28	16.01	8
»	18	18.99	17.57	17.99	16.64	10
»	22	19.24	17.68	17.42	16.01	8
»	24	19.14	17.53	17.89	16.38	10
»	27	19.15	17.46	17.68	16.12	8
Septembre. . .	13	19.65	17.51	18.05	16.08	8
»	20	19.53	17.28	19.50	17.25	8
»	22	19.09	16.85	18.54	16.37	10
»	23	18.81	16.59	17.70	15.61	6
»	24	19.40	17.10	18.26	16.09	8
»	29	19.82	17.40	18.61	16.34	10
Octobre	2	19.62	17.20	18.38	16.11	10
»	8	19.15	16.74	19.32	16.89	6
»	10	20.05	17.51	18.51	16.17	10
»	16	19.96	17.42	19.12	16.68	8
»	31	20.28	17.76	19.00	16.63	8
Novembre . . .	1	19.46	17.05	18.59	16.28	10
»	10	19.46	17.15	18.89	16.65	10
Décembre . . .	5	19.43	17.65	19.20	17.44	8
»	6	18.70	17.01	17.63	16.04	10
»	11	19.65	18.02	18.02	16.52	6
Moyenne			17.356		16.406	188
Moyenne corrigée.			17.374		16.356	
Secondes d'arc . .			17.317		16.302	
Erreur moyenne. .			± 0.078		± 0.092	

Dans la seconde colonne des moyennes de ce tableau, on trouve les

valeurs moyennes du diamètre équatorial, corrigé pour la phase de la planète, et du diamètre polaire corrigé par l'effet de projection dont il était question plus haut. La troisième contient ces mêmes valeurs converties en secondes d'arc, et enfin la quatrième, leurs erreurs moyennes. L'incertitude de ces moyennes n'est pas beaucoup plus grande que celle, dont les observations précédentes sont affectées, et les résultats des deux modes d'observation s'accordent dans les limites de leurs erreurs moyennes; combinées en tenant compte de leur incertitude relative, ces valeurs deviennent $a = 17'',415$ et $b = 16'',201$, d'où l'on obtient pour l'aplatissement du globe de Saturne.

$$\frac{a-b}{a} = \frac{1}{14.5}$$

Ce chiffre est remarquablement faible, en comparaison des résultats obtenus par d'autres astronomes, et dont je cite les suivants :

	a	b	$\frac{a-b}{a}$
Bessel :	17″.053	15″.381	$\frac{1}{10.2}$
Arago :	17.698	15.766	$\frac{1}{9.2}$
Lassell :	17.453	15.827	$\frac{1}{10.7}$
Struve :	17.99		
Secchi :	17.661		

L'accord entre les différents résultats obtenus par ces observateurs pour le même diamètre n'est pas très satisfaisant. La différence entre Struve et Bessel s'élève presque à une seconde d'arc. Mais cette erreur personnelle de chaque observateur s'ajoute comme constante à toutes les mesures micrométriques, en sorte que le rapport entre les valeurs des deux diamètres observés par la même personne ne diffère pas autant pour les différents observateurs, que ces diamètres eux-mêmes. Tel n'est pas le cas pour mes observations; elles donnent le diamètre équatorial de

0″,15 seulement plus faible que la moyenne des cinq résultats, mais le diamètre polaire que j'ai trouvé est le plus grand de tous. Pour obtenir un aplatissement de $\frac{1}{10}$, je devrais ajouter à peu près 0″,3 à la valeur de *a* donnée plus haut, et retrancher la même quantité de la valeur de *b*. Qu'un écart de 0″,6 existe réellement dans la manière d'ajuster le fil sur des objets aussi semblables que deux diamètres, pour le même observateur et le même instrument, cela me paraît bien peu probable. Si on ne l'admet pas, ces mesures accuseraient la possibilité d'une variabilité de l'aplatissement, dans le cas où Saturne serait enveloppé d'une très haute atmosphère qui présenterait, comme le fait celle de la Terre en plus petites proportions, des dépressions polaires, variant suivant les différentes positions que la planète occupe sur son orbite. Des observations continuées aussi longtemps que possible par la même personne, et avec le même instrument, pourraient nous donner ainsi une première notion sur la météorologie de Saturne.

TABLEAU X

DATE 1880	P	$\frac{\Delta}{r}$ P	Q	$\frac{\Delta}{r}$ Q	R	$\frac{\Delta}{r}$ R	S	$\frac{\Delta}{r}$ S	X	$\frac{\Delta}{r}$ X	Y	$\frac{\Delta}{r}$ Y
Août. 24	33.21	30.41	32.77	30.01	9.78	8.96	10.65	9.75				
Oct.. 10					9.94	8.68	11.54	10.06				
» 31	35.37	30.96	35.33	30.93	11.19	9.79	10.95	9.56	3.32	2.91	4.67	4.09
Moyennes. . .		30.68		30.47		9.14		9.77		2.91		4.09
Second. d'arc.		30.58		30.37		9.11		9.74		2.90		4.08

Dans le tableau suivant, j'ai désigné par

P, la distance entre le bord intérieur du côté ouest de l'anneau obscur et l'extrémité est du système des anneaux.

Q, la distance entre l'extrémité ouest du système des anneaux et le bord intérieur de l'anneau obscur du côté est.

R, la largeur des anneaux, côté ouest, y compris l'anneau obscur.

S, la même largeur, côté est.

X, la largeur de la partie de l'anneau brillant depuis le milieu de l'intervalle de Cassini jusqu'au bord extérieur du système, côté ouest.

Y, la largeur de la partie de l'anneau brillant depuis le milieu de l'intervalle de Cassini jusqu'au bord intérieur de l'anneau brillant du même côté.

Les moyennes de P et Q (pour abréger je laisse de côté le facteur $\frac{\Delta}{r}$), retranchées de 40″,47, valeur du grand axe du système des anneaux, fournissent deux nouvelles valeurs des distances R et S, trouvées par un autre mode d'observation. Les deux résultats combinés en proportion du nombre d'observations faites pour chacun des deux, donnent la largeur des anneaux jusqu'à la limite intérieure de l'anneau obscur égale à 9″,42 du côté ouest à 9″,88 du côté est; enfin si l'on retranche de ces chiffres la largeur des anneaux brillants trouvée pour chaque côté par les observations traitées plus haut, on a la largeur de l'anneau obscur du côté ouest 2″,24, et du côté est 2″,91. Quoique le nombre d'observations fournissant ces deux chiffres ne soit pas grand, leur différence, de 0″,7 environ, ne peut pas être, à mon avis du moins, due exclusivement à l'incertitude des mesures respectives. Je crois donc que la largeur de l'anneau obscur a été réellement plus faible du côté ouest que de l'autre, contrairement au résultat mieux constaté pour la largeur de l'anneau brillant, qui est moins large du côté est.

Le diamètre intérieur de l'anneau obscur est, d'après le tabl. X, égal à 21″,17, valeur s'accordant très bien avec les mesures de Secchi, pour une observation aussi délicate; Secchi trouvait 21″,419.

La distance de l'intervalle de Cassini aux bords extérieur et intérieur de l'anneau ou plutôt des anneaux brillants, n'a été mesurée que dans une seule soirée et d'un seul côté. La somme X + Y de ces distances devrait être égale à la largeur de l'anneau brillant du côté ouest, c'est-à-dire à 7″,18. En réalité, elle est de 0″,2 plus faible; le désaccord n'est donc pas bien considérable. J'ai ajouté la moitié de cette différence à X et Y pour faire concorder leur somme avec la largeur de l'anneau.

Dans le XI^me^ et dernier tableau de la I^re^ partie, j'ai réuni tous les

résultats de ce travail sur Saturne et ses anneaux, rapportés à la distance moyenne de 9.5389.

TABLEAU XI

Résultats des observations sur Saturne et ses anneaux.

Diamètre extérieur du système des anneaux	40″.47
Distance entre l'extrémité ouest du système et le milieu de la séparation cassinienne	3.00
Diamètre intérieur de l'anneau brillant	26.32
Largeur de l'anneau brillant, côté ouest	7.18
Largeur de l'anneau brillant, côté est	6.97
Diamètre intérieur de l'anneau obscur	21.17
Largeur de l'anneau obscur, côté ouest	2.24
Largeur de l'anneau obscur, côté est	2.91
Espace entre l'anneau brillant et la planète, côté ouest	4.42
Espace entre l'anneau brillant et la planète, côté est	4.45
Distance entre le centre de la planète et l'extrémité occidentale de l'anneau	20.32
Diamètre équatorial de la planète	17.42
Diamètre polaire de la planète	16.20
Aplatissement	$\frac{1}{14.5}$
Ascension droite du pôle du plan des anneaux, octobre 2.5	36° 21′.1
Déclinaison du pôle du plan des anneaux, octobre 2.5	83° 38′.3

DEUXIÈME PARTIE

Observations des satellites de Saturne :

ENCELADE, TÉTHYS, DIONÉ, RHÉA ET TITAN

Saturne a huit satellites; mais trois de ces astres, Mimas, Hypérion et Japetus manquent dans les tableaux suivants; voici pourquoi.

Le premier, Mimas, satellite intérieur, est très difficile à apercevoir dans les meilleurs instruments optiques, et je ne suis pas bien sûr de

l'avoir vu; il est le plus souvent caché derrière le disque ou l'anneau de la planète, sa distance au centre de Saturne ne dépassant pas 3 rayons de ce dernier. Pour voir ce satellite, il faut qu'il soit dans une de ses élongations et qu'en même temps les conditions atmosphériques soient favorables. Je trouve pourtant à plusieurs endroits dans mon carnet d'observations la remarque : « Probablement entrevu Mimas, » et le 25 septembre, j'ai ajouté à 12 h. 45 m., temps moyen de Greenwich : « l'élongation ouest a sans doute déjà passé. » D'après l'éphéméride de ce satellite publiée par M. Marth, dans les *Astronomische Nachrichten*, n° 2328, il aurait dû être à son élongation ouest à 13 h. seulement. Une autre observation faite le 13 novembre 1880 par M. Pritchett à Glasgow (Missouri) et que je lis dans le journal *English Mechanic and World of Science*, n° 823, se trouve bien d'accord avec la mienne. Cet astronome observait avec un réfracteur de 12 $\frac{1}{2}$ pouces d'ouverture; ce jour-là, à 7 h. 57 m., temps moyen local, il croyait voir ce satellite près de l'extrémité ouest de l'anneau, mais déjà à 8 h. il le perdait de vue. D'après cette observation peu sûre, le satellite aurait devancé l'éphéméride de 1 h. 5 m. à cette époque; l'observateur ajoute : « Je ne puis pas dire positivement que ce fût Mimas, bien que cette nuit ait été une des plus belles de notre climat. On voyait distinctement Encelade du côté ouest, sans occulter la planète avec une lamelle. Si ce n'était pas Mimas, je devrais en conclure qu'il est beaucoup plus difficile à voir que les satellites de Mars que j'ai souvent observés pendant les deux dernières oppositions. » Si d'un autre côté cette observation de M. Pritchett semble appuyer la mienne du 25 septembre, j'en ai fait une autre, le 11 décembre, qu'on ne pourrait pas concilier avec elles. C'était à 8 h. $47^{m},3$, temps moyen de Greenwich, que j'ai vu par instants assez distinctement une très faible étoile à l'est de l'anneau. Malheureusement la turbine à l'aide de laquelle l'instrument suit la marche diurne des astres, ne fonctionnait pas, en sorte qu'il ne m'a pas été possible de faire des mesures micrométriques de sa position. Les valeurs des deux coordonnées $x = + 25'',4$ et $y = + 2'',0$, dont la signification sera expliquée plus

loin, sont estimées à l'œil et affectées par conséquent d'une incertitude de $\pm$ 1″,5 au moins. Mais je suis sûr que le point lumineux se trouvait du côté sud du grand axe, en sorte que, si c'était Mimas, il ne pouvait pas encore avoir passé son élongation Est au moment indiqué, tandis que d'après l'éphéméride, elle aurait dû avoir lieu déjà à 8 h. 2 m. Le meilleur accord entre ma position estimée et l'éphéméride s'obtient en corrigeant celle-ci de — 2 h. 13 m.; on trouve alors pour le moment donné $x = + 26″,8$ et $y = + 2″,7$; la différence entre l'observation et le calcul devient pour x, égale à 1″,4, et pour y, à 0″,7. Peu de temps après cette observation, les brouillards s'élevaient de plus en plus et ne permettaient pas de suivre plus longtemps l'astre douteux. Mais par suite de la communication de M. Pritchett, je suis plutôt d'avis que l'objet vu le 11 décembre était une petite étoile fixe et non pas Mimas.

Enfin une autre note, datée du 31 octobre, dit que ce jour-là j'avais longtemps cherché ce satellite dans les meilleures conditions atmosphériques, à l'époque où il devait se trouver à son élongation ouest, mais sans en voir la moindre trace. Il est vrai que Mimas est rarement observé avec des instruments de la même force optique que celle du réfracteur de Genève; Sir John Herschell n'a jamais pu le voir avec son télescope de vingt pieds de longueur focale.

Avec le même instrument, cet astronome avait beaucoup de difficulté à voir Encelade, le second satellite, dont la distance au centre de la planète est égale à 4 rayons du globe de Saturne et qui, suivant d'autres observateurs, n'est pas beaucoup plus lumineux que Mimas. Je n'avais pourtant pas la moindre peine à suivre cet astre et à faire des mesures micrométriques de sa position pendant plusieurs soirées. D'après les observations photométriques, faites de 1877 à 1878 à Cambridge (États-Unis), avec un réfracteur de quinze pouces d'ouverture, ce petit satellite n'aurait que 594 kilomètres de diamètre, tandis que Mimas en aurait 470 (Voir *Annals of the astronomical observatory of Harvard college*, vol. XI, part. II. *Photometric observations*, p. 269). De ces deux chiffres, il résulte que le rapport de l'intensité lumineuse de ces deux satellites était, à

l'époque des observations à Cambridge, à peu près celui de 2 à 3. Mais j'aurais sûrement dû voir Mimas beaucoup mieux, si cette même proportion eût encore été admissible pour l'époque de mes observations, et je suis convaincu que cette intensité est sujette à des variations considérables. Je dois citer ici une remarque du capitaine Jacob, ancien directeur de l'Observatoire de Madras, qui peut servir d'appui à l'opinion que je viens d'exprimer. Cet astronome a pu faire en 1857, sous le ciel pur des Indes, 12 mesures de l'angle de position de Mimas, avec un équatorial de 6,3 pouces d'ouverture seulement (voir *Monthly Notices*, XVIII, p. 3). Il dit à propos de ces mesures sur Mimas (*M. N.*, XVII, p. 174) : « Je l'ai trouvé accidentellement, car je n'aurais jamais cru le voir après avoir pris connaissance des expériences de Herschell au Cap de Bonne-Espérance — et après la peine que j'avais eue moi-même à trouver Encelade. La première fois même, je l'ai confondu avec Encelade, mais plus tard je n'ai plus eu de difficulté à l'apercevoir. En effet, dans quelques nuits exceptionnelles il paraissait même être le plus brillant des deux. » Par contre, dans une communication que Lassell adressait à la même époque à la Société astronomique de Londres, cet observateur, muni du puissant instrument illustré par de nombreux succès, désignait Mimas comme un satellite particulièrement difficile à voir (*Monthly Notices*, XVII, p. 67)[1]. L'opinion indiquée d'un changement dans l'éclat

[1] *Rem.* Une observation que j'ai réussi à faire dans la nuit du 4 septembre 1881, confirme de nouveau l'opinion de changements dans l'éclat lumineux de Mimas, parce que je suis sûr de l'avoir vu ce jour-là. J'ai obtenu 18 ajustements du micromètre, les fils étant éclairés et la planète non cachée derrière une lamelle. L'intervalle de temps employé pour les mesures micrométriques a été de 27 minutes et le satellite a visiblement passé par son élongation ouest pendant les mesures. La moyenne des observations donne pour 13 h. 13 m. 27 s. temps moyen de Greenwich $x = -31'',1$ et $y = 0'',0$. L'incertitude de ces coordonnées n'atteint certainement pas $0'',5$. D'après l'éphéméride de Marth, publiée dans les *Astronomische Nachrichten*, N° 2386, le satellite aurait dû passer par son élongation ouest à $13^h,6$ seulement, ce qui s'accorde par conséquent avec l'observation à moins d'une demi-heure près. Pendant mon observation Saturne était encore de plus de deux heures avant sa culminaison et la Lune n'était pas encore couchée. La distance de la planète à la terre était à peu près la même que l'année passée le 27 août, donc plus grande que pour le plus grand nombre des observations contenues dans ce travail, et cependant je n'avais jamais réussi à apercevoir distinctement ce satellite. Il est vrai que la nuit du 4 septembre 1881 était une des plus belles, quant à la diaphanité de l'atmosphère; je voyais Encelade plus distinctement que jamais. Il ne disparaissait pas par

de lumière est partagée par plusieurs astronomes en ce qui concerne les autres satellites de Saturne. Pour Japetus, le satellite extérieur, c'est un fait déjà constaté par W. Herschell, qu'il disparaît presque complètement à son élongation Est. — Deux notes que je trouve dans mon carnet, relatives à un phénomène de changement d'éclat observé sur Téthys, peuvent être citées ici. La première est du 23 septembre : « Je ne puis pas trouver Téthys aujourd'hui, tandis que Dioné (ordinairement moins brillant que Téthys), est très facile à voir. » Le lendemain j'écrivais : « Il est singulier que Téthys soit aussi distinctement visible dans sa conjonction nord, tout près du pôle de la planète, tandis qu'on pouvait à peine hier apercevoir le satellite lorsqu'il était déjà bien au-delà de sa conjonction sud. »

Quant à mes observations d'Encelade, je les ai commencées le 14 août, Saturne étant alors bien loin de son opposition qui avait lieu le 19 octobre, la distance de la planète à la terre dépassant encore la distance la plus faible pour l'opposition de 1880 de plus de la moitié du rayon de l'orbite terrestre. Dans les tableaux suivants, on trouvera les résultats des mesures micrométriques des positions apparentes de ce satellite relativement au centre de la planète, faites en neuf soirées jusqu'au 6 décembre. Le nombre des jours d'observation pour Téthys [1], Dioné et Rhéa est 22, pour Titan, 21.

moments, comme cela arrive souvent, quoiqu'il fût déjà passablement éloigné de son élongation ouest pendant la dernière série de mesures micrométriques que j'ai faites. Cette nuit-là j'ai donc observé pour la première fois tous les satellites du système de Saturne, sauf Hypérion, que je n'ai pas cherché.

La difficulté de voir Mimas paraît avoir été générale pendant l'opposition de 1880. Il n'a été encore publié à la date actuelle, 6 septembre 1881, aucune observation certaine faite en Amérique ; les seules observations de ce satellite faites en Europe en 1880, et publiées jusqu'à présent, sont trois conjonctions avec le bord de l'anneau observées à Toulouse, septembre 28 et 29 et novembre 25 (*Comptes rendus* du 9 mai 1881, p. 1099).

[1] Rem. Quant à l'orthographe du nom de ce satellite, les autorités ne sont pas d'accord. Les astronomes français l'écrivent Thétis (voir l'Annuaire du Bureau des Longitudes) comme la petite planète n° 17 et c'est ainsi que je l'ai écrit aussi dans une note préliminaire, contenant quelques résultats du présent travail et publiée dans les *Astronomische Nachrichten*, N° 2375. Mais quoiqu'une confusion entre ce satellite et la petite planète dans une citation ne soit pas à craindre (le nom de Dioné aussi a trouvé un pareil double emploi comme planète n° 106, j'ai préféré adopter l'orthographe de Sir John Herschell, qui a donné à tous les satellites de Saturne leurs noms actuels, et j'écris désormais Téthys.

Le septième satellite, Hypérion, découvert simultanément par Lassell et Bond en septembre 1848, est le plus faible de tous. Ayant très peu de chance de le voir avec l'équatorial de Genève et ne connaissant pas sa position relative au centre de Saturne pour un moment donné, je n'ai pas voulu perdre mon temps à le chercher. Japetus enfin s'éloigne trop de Saturne pour qu'on puisse faire des mesures micrométriques suivies de ce satellite. Il m'eût fallu employer un autre mode d'observation dont je n'ai pas fait usage pour cette opposition.

Il me reste à donner quelques explications sur les tableaux qui suivent. Dans la première colonne se trouve la date, dans la seconde l'instant de l'observation. Celui-ci est exprimé en temps moyen de Greenwich, obtenu en retranchant $24^m\ 57^s$ de l'heure de Genève. J'ai donné la préférence à l'heure de Greenwich parce que les éphémérides des quatre satellites Encelade, Téthys, Dioné et Rhéa, calculées par M. Marth à Londres, ont pour base le méridien passant par cet observatoire. La colonne suivante donne un angle l—L, qui fixe la position du satellite sur son orbite. Si l'on appelle a et b les deux demi-axes de l'ellipse qu'il

TABLEAU XII

Encelade.

DATE 1880	INSTANT	l — L	x	O — C Δx	y	O — C Δy	Oc.
	h m s	°	″	″	″	″	
Août.. 14	13 51 21	82.92	+ 36.20	- 0.46	+ 2.39	+ 1.17	I
Sept.. 22	10 4 29	210.30	— 19.38	+ 0.28	— 6.87	+ 1.79	III
» 25	9 40 53	274.50	— 36.83	+ 2.23	0.00	- 0.78	III[1]
» 29	11 52 35	269.73	— 40.26	— 1.09	— 0.67	— 0.21	
Oct... 8	12 45 42	124.70	+ 33.48	+ 1.11	— 4.79	+ 0.80	—
» 10	8 50 9	247.35	— 37.44	— 1.08	3.24	+ 0.53	II
Nov... 1	10 20 40	285.54	— 38.29	— 0.45	+ 4.61	+ 2.11	II
» 10	11 41 15	145.39	+ 22.28	+ 0.10	- 6.26	+ 1.23	III
Déc... 6	9 58 20	118.51	+ 32.50	- 0.73	2.42	+ 1.65	II

[1] Pour cette observation y est seulement estimé à l'œil.

paraît décrire autour du centre de Saturne vu de la terre, l'angle l—L donnerait sa position dans une orbite circulaire de rayon a, le point de départ de cet angle étant la position que le satellite occupe dans cette orbite apparente au moment de son opposition avec la terre, vue du centre

TABLEAU XIII

Téthys.

DATE 1880	INSTANT	l — L	x	O — C Δx	y	O — C Δy	Oc.
	h m s	c					
Août.. 13	13 42 12	119.30	+ 39.88	— 0.07	— 6.60	— 0.59	—
» 14	11 48 56	294.98	— 41.60	0.14	+ 5.56	+ 0.36	III
» 17	13 12 0	158.23	+ 16.45	— 0.60	—12.41	— 0.94	III
» 18	11 23 0	334.47	- 20.41	— 0.57	+ 11.01	— 0.13	III
» 22	14 10 43	39.66	+ 29.08	— 0.51	+ 8.34	— 1.21	—
» 24	10 49 42	34.50	+ 26.30	— 0.03	+ 9.98	— 0.26	III
» 27	10 54 51	247.40	— 43.47	— 0.34	— 3.95	+ 0.83	III
Sept.. 13	11 12 48	252.50	— 44.96	+ 0.61	— 2.11	+ 1.64	III
» 20	9 36 11	135.06	+ 33.68	— 0.32	— 8.05	+ 0.75	III
» 22	10 10 48	162.16	+ 15.29	+ 0.51	—11.87	— 0.06	III
» 24	11 49 21	195.80	— 12 02	+ 1.14	—11.03	+ 0.89	III
» 29	9 13 11	49 00	+ 34 91	— 1.67	+ 6.34	— 1.74	III
Octob. 2	10 26 19	270 97	— 49.15	— 0.57	+ 0.63	+ 0.42	III
» 8	13 48 0	2.36	+ 2.23	+ 0.22	+ 12.35	+ 0.21	III
» 10	8 59 6	345.65	- 12 49	0.40	+ 11.54	— 0.19	III
» 16	8 59 53	50.37	+ 37.76	+ 0.16	+ 6.30	— 1.43	III
» 31	9 47 0	37.93	+ 30 39	+ 0.48	+ 7.98	— 1.14	III
Nov. 1	10 28 19	234.43	— 39.78	0.23	— 4.75	+ 1.96	III
» 10	11 46 54	161.67	+ 15.40	+ 0.28	—10.75	- 0.05	III
Déc. 5	9 50 10	234.63	37.94	+ 0.30	3.81	+ 2.31	III
» 6	10 6 24	67.50	+ 43.49	+ 0.24	+ 2.34	— 1.70	III
» 11	8 3 54	284.83	— 44.85	+ 0.07	+ 3.29	+ 0.61	III
1881							
Janv.. 11	7 20 33	70.10	+ 41.25	- 0.15	+ 2.72	— 0.70	III

de Saturne. Or, si l'on suppose un système de coordonnées rectangulaires et planes, dont le centre coïncide avec celui de la planète et la ligne des abscisses avec le grand axe de l'anneau apparent de Saturne, si enfin l'on désigne par x et y les coordonnées rectangulaires d'un point dans l'orbite apparente définie ci-dessus, on obtient les deux relations :

$$x = a \sin (l - \mathrm{L})$$
$$y = b \cos (l - \mathrm{L})$$

Les quantités a, b et l—L sont données pour les cinq satellites intérieurs dans l'éphéméride de M. Marth, pour les oppositions de 1880 à

TABLEAU XIV

Dioné.

DATE 1880	INSTANT	l — L	x	O — C Δx	y	O — C Δy	Oc.
	h m s						
Août.. 13	13 44 48	57.60	+ 48.11	— 1.26	+ 8.75	+ 0.70	
» 14	12 6 8	180.47	+ 0.29	+ 0.80	—14.70	+ 1.05	III
17	13 3 32	220.42	— 38.27	— 0.10	—11.85	+ 0.19	III
» 18	11 32 10	343.65	15.49	+ 1.41	+ 15.17	— 0.02	III
22	14 2 47	163.66	+ 17.44	+ 0.75	—15.49	— 0.24	-
24	10 56 53	49.80	+ 46.19	+ 0.71	+ 9.83	— 0.44	III
» 27	10 39 37	82.94	+ 59.02	0.36	+ 1.82	- 0.14	III
Sept . 13	11 34 44	164.81	+ 16.58	+ 0.55	—14.90	+ 0.52	III
» 20	9 26 31	354.40	- 4.90	+ 1.12	+ 16.02	+ 0.18	III
» 22	10 17 9	262.21	— 61.04	+ 0.17	- 1.73	+ 0.42	III
23	11 8 33	38.52	+ 38.08	- 0.43	+ 11.75	— 0.67	III
» 24	11 55 2	174.36	+ 6.10	+ 0.02	-14.82	+ 0.96	III
29	9 23 32	98.56	+ 61.00	0.41	— 2.73	— 0.38	III
Octob. 2	10 34 26	139.85	+ 40.29	+ 0.17	12.05	0.03	III
» 8	13 54 44	227.82	— 46.29	— 0.04	10.83	0.38	III
» 10	9 4 37	253.72	— 59.07	+ 0.88	4.13	+ 0.19	III[1]
» 16	9 5 24	174.26	+ 6.52	+ 0.27	14.54	+ 0.70	III
31	9 41 11	351.65	8.96	+ 0.09	+ 15.06	+ 0.40	III
Nov.. 1	10 39 27	128.58	+ 49.18	+ 0.56	8.61	+ 0.63	III
» 10	11 56 52	240.05	— 53.38	+ 0.25	6.63	+ 0.57	III
Déc. 5	9 44 1	277.34	59.98	- 0.41	+ 2.96	+ 1.23	III
6	10 24 21	52.60	+ 47.45	— 0.19	+ 8.02	- 0.20	III
1881							
Janv.. 11	7 25 3	91.09	+ 56.86	+ 0.36	— 0.50	— 0.26	III

[1] Pour cette observation j'ai corrigé de deux unités le chiffre original des tours entiers de la vis. Si la lecture originale était juste, le micromètre aurait été mal tourné pour cette observation, et le tambour de la vis se serait tourné à gauche, au lieu d'être à droite, comme pour les autres mesures faites dans la même soirée. D'après cette dernière supposition, x serait égal à — 60″.54 et Δx = — 0″.59.

1881. Les valeurs x et y qui se trouvent dans les tableaux suivants sont les résultats immédiats d'observations micrométriques; elles sont exprimées en secondes d'arc et accompagnées des différences Δx et Δy de ces valeurs avec l'éphéméride. Ces deux dernières colonnes manquent pour Titan, faute d'une éphéméride de ce satellite, dont la théorie est cependant très bien connue, surtout par les recherches de Bessel. Enfin, la dernière colonne des tableaux indique l'oculaire employé pour l'observa-

TABLEAU XV

Rhéa.

DATE 1880	INSTANT	$l - L$	x	O − C Δx	y	O − C Δy	Oc.
	h m s	°	″	″	″	″	
Août.. 13	13 47 2	110.50	+ 76.39	— 0.10	— 6.60	— 1.09	III
» 14	11 58 54	184.64	— 5.45	+ 1.16	−21.08	+ 0.85	III
» 17	13 20 51	68.14	+ 76.87	+ 0.44	+ 6.58	— 1.64	III
» 18	11 9 39	140.61	+ 52.45	+ 0.18	−16.90	+ 0.18	III
» 22	12 30 32	104.01	+ 80.69	+ 0.26	— 4.05	+ 1.32	III
» 24	11 3 35	258.63	— 81.25	+ 0.19	— 4.63	— 0.14	III
» 27	10 46 56	136.88	+ 57.46	+ 0.34	−15.79	+ 0.46	III
Sept.. 13	11 46 38	55.68	+ 71.82	+ 1.22	+ 14.23	+ 1.68	III
» 20	9 15 34	245.56	— 77.76	+ 0.62	— 7.75	+ 1.44	III
» 22	10 23 31	48.85	+ 64.60	— 0.38	+ 14.42	— 0.18	III
» 23	11 16 45	131.55	+ 64.84	+ 0.20	−14.94	— 0.24	III
» 24	12 3 49	213.92	— 47.83	+ 0.40	−17.31	+ 1.07	III
» 29	9 32 41	244.34	— 77.85	+ 0.35	— 9.51	+ 0.02	III
Octob. 2	11 22 38	129.71	+ 67.30	+ 0.45	−13.28	+ 0.75	III
» 10	9 10 16	40.49	+ 56.09	0.54	+ 16.56	— 0.10	III
» 16	9 10 7	159.08	+ 32.01	+ 0.74	−19.65	+ 0.34	III
» 31	9 53 54	277.96	— 85.90	+ 0.29	+ 3.32	+ 0.46	III
Nov. . 1	10 33 23	359.91	+ 0.34	+ 0.47	+ 20.26	— 0.37	III
» 10	11 51 38	2.05	+ 3.13	+ 0.04	+ 19.54	— 0.61	III
Déc. 5	9 55 49	189.04	— 12.67	+ 0.50	−17.86	+ 0.85	III
» 6	10 33 59	270.86	— 83.58	+ 0.16	— 0.97	+ 0.68	III
» 11	7 59 36	300.77	— 71.50	— 0.07	+ 10.00	+ 0.43	III
1881							
Janv.. 11	7 36 6	249.65	— 72.17	+ 1.63	— 4.39	+ 1.86	III[1]

[1] Cette observation a été faite sous des conditions atmosphériques des plus défavorables.

tion. Le grossissement de l'oculaire I est de 96, celui de II, 144, et celui de III, 250 fois.

Chaque valeur de x et de y est la moyenne de quatre ajustements du micromètre, les mesures étant toujours faites entre le satellite et les deux bords de la planète. Pour convertir en secondes d'arc les distances données par l'observation en parties de la vis micrométrique, j'ai pris le nombre déjà mentionné dans la première partie. L'erreur maximum,

TABLEAU XVI

Titan.

DATE 1880		INSTANT h m s	x	y	Oc.
Août.....	14	11 41 57	− 164″.21	+ 24″.25	III
»	17	13 27 44	+ 24.74	+ 48.34	III
»	18	11 15 16	+ 89.18	+ 44.81	III
»	22	12 36 48	+ 178.02	— 20.03	III
»	24	11 10 21	+ 75.05	— 46.39	III
»	27	11 1 1	— 137.84	— 33.58	III
Septembre.	13	11 55 47	— 184.60	− 14.70	III
»	20	9 44 29	+ 160.03	+ 32.42	III
»	22	10 30 11	+ 205.42	6.89	III
»	23	11 24 18	+ 183.01	− 23.73	III
»	24	12 11 47	— 131.70	— 40.86	III
»	29	9 40 37	— 187.81	— 11.08	III
Octobre...	2	11 29 32	— 110.77	+ 40.30	III
»	10	9 15 15	+ 133.55	38.01	III
»	16	9 13 24	194 93	+ 8.01	III
»	31	10 0 17	- 193 49	— 4.70	III
Novembre.	1	10 45 51	— 191 18	+ 17.28	III
»	10	12 2 27	+ 169.29	— 28.21	III
Décembre.	5	9 35 57	− 85.94	+ 38.33	III
»	6	10 49 57	— 8.33	+ 43.81	III
»	11	7 55 26	+ 192.87	- 11.36	III
1881					
Janvier....	11	7 31 27	+ 186.72	— 1.05	III

résultant de l'incertitude sur la valeur angulaire d'une partie, peut s'élever pour Titan à 0″,11, mais à 0″,05 seulement pour les autres satellites.

L'erreur d'un seul ajustement du micromètre, déduite des écarts entre les observations consécutives de la même distance, est de $\pm$ 0″,6, et l'erreur moyenne de chaque moyenne de 4 ajustements, c'est-à-dire l'incertitude des valeurs de x et de y données ci-dessous s'élève à 0″,3 et 0″,4.

Les orbites auxquelles sont comparées les observations des quatre satellites Encelade, Téthys, Dioné et Rhéa, sont des cercles dont le plan coïncide avec celui de l'anneau; en voici les éléments, d'après une communication personnelle de M. Marth. Les mouvements diurnes sidéraux sont pour

Encelade.....	262°.73186
Tethys	190.69812
Dione...	131.53503
Rhea	79.69012

Les longitudes moyennes adoptées pour l'instant où la lumière arrive à la distance de la planète, dont le logarithme est 0,950, sont :

				Encelade.	*Tethys.*	*Dione.*	*Rhea.*
1880	Août.....	12	Midi à Greenwich	153°.482	207°.356	238°.717	13°.012
»	Octobre....	11	»	77.395	129.245	210.820	114.421
»	Décembre ..	10	»	1.308	51.134	182.924	215.830
1881	Février.....	8	»	285.222	333.023	155.028	317.239

Enfin les longitudes du nœud, et les inclinaisons sur le plan de l'équateur pour les quatre satellites :

1880	Août.....	12	N = 126°.358	log sin I = 9.08731
»	Octobre.....	11	126.363	9.08728
»	Décembre...	10	126.373	9.08725
1881	Février.....	8	126.380	9.08720

Ces derniers chiffres diffèrent légèrement de ceux qu'on tire des éléments de Bessel pour la position de l'anneau.

TROISIÈME PARTIE

Recherches sur les mouvements de cinq satellites de Saturne.

L'étude du mouvement des satellites de Saturne a été singulièrement négligée jusqu'ici. Sur huit, il n'y en a guère qu'un, le plus grand, Titan, dont l'orbite ait été déterminée d'une manière assez exacte, par Bessel en 1830. Le célèbre astronome de Kœnigsberg avait fait avec le fameux héliomètre de Fraunhofer un nombre considérable de mesures micrométriques des positions de Titan et il en déduisit une théorie du mouvement de ce satellite. Il construisit alors des Tables de Titan, qui embrassent le siècle actuel et dans lesquelles il a tenu compte des variations des éléments, telles qu'il pouvait les déduire des anciennes observations de cet astre faites dans les deux siècles précédents par Huyghens, Cassini père, Halley, Köhler, Herschell, etc..... La comparaison de mes observations avec celles de Bessel montre que la théorie développée dans le travail classique cité est encore actuellement à très peu de chose près d'accord avec la réalité, après plus de 1144 révolutions accomplies par le satellite pendant une période de 50 ans.

Les orbites des autres satellites ne sont qu'approximativement connues par les travaux de Lamont, ancien directeur de l'observatoire près de Munich, des deux Herschell, Bær et Mædler, Bond et Jacob. Ce dernier astronome, ancien directeur de l'observatoire de Madras, avait déterminé par ses observations en 1857 les orbites elliptiques de Téthys. Dione, Rhea, Titan et Japetus. Mais ces calculs ne peuvent plus nous donner une idée des particularités dont pourrait être affecté le mouvement actuel de ces satellites, car on sait que les perturbations à longues périodes jouent un grand rôle dans les mouvements de tous les satellites,

et que l'évaluation de ces variations des éléments n'est pas encore possible dans le cas des satellites de Saturne, sauf pour Titan, le premier découvert.

Depuis Jacob, on ne peut guère citer que M. Asaph Hall, directeur de l'observatoire de Washington, connu par sa découverte des satellites de Mars, qui fasse actuellement des recherches suivies sur le système saturnien, et M. Marth, ancien adjoint de Lassell, qui construit des éphémérides de ces astres sur la base des orbites circulaires citées plus haut.

Le fait, que la théorie du système saturnien est encore si peu développée aujourd'hui, s'explique d'une manière naturelle par le faible éclat de la plupart des satellites qui ne permet que difficilement de prendre de bonnes mesures micrométriques de leurs positions. Trois d'entre eux, Mimas, Encelade et Hypérion, sont absolument invisibles pour des instruments de force moyenne, et les autres, à l'exception de Titan, demandent au moins un instrument puissant pour les voir distinctement à côté des fils brillants du micromètre. La plupart des astronomes pouvant disposer d'instruments assez puissants s'occupent des mesures des étoiles doubles, champ si vaste et si intéressant qu'il absorbe presque tout leur temps, ou bien encore de cette foule de petites planètes, branche qui commence à empiéter sensiblement sur les autres.

Il est cependant incontestable que l'étude du monde de Saturne est non seulement très intéressante, mais encore d'une grande importance par le fait qu'il est comme une reproduction en petit du système solaire, dans laquelle nous voyons les mouvements plus directement, bien qu'ils soient considérablement réduits par la grande distance qui nous sépare de cette planète. Il est certain que la comparaison des orbites des satellites de Saturne pourrait servir un jour à constater si la loi képlérienne de la relation entre les distances et les durées des révolutions est juste, sans qu'il y ait lieu d'introduire une correction due à des causes encore inconnues. Et ce sont les satellites qui seuls peuvent nous fournir des données indépendantes des deux quantités, parce que nous n'arriverons

jamais à déterminer d'une manière purement géométrique les distances des planètes, avec une exactitude assez grande.

Lors de l'installation du puissant équatorial de 10 pouces d'ouverture à notre observatoire, j'ai fait mon possible pour combler la lacune dont j'ai parlé plus haut. J'ai observé, autant que je l'ai pu, les positions apparentes des satellites par rapport au centre de la planète et dans toutes les parties de leurs orbites. Ces observations sont comparées dans le chapitre précédent avec des orbites circulaires situées dans le plan des anneaux. Les différences de mes mesures micrométriques avec ces orbites ne sont pas très grandes et prouvent en tout cas que les suppositions faites ne s'éloignent pas beaucoup de la vérité. Les observations d'Encelade laissent cependant soupçonner une excentricité sensible de son orbite, et pour Téthys une inclinaison différente de celle des anneaux était facile à reconnaître.

Je me décidai donc à déterminer plus exactement les orbites de ces astres, en prenant pour base de mon calcul l'ensemble des observations que j'en avais faites. Il s'agissait alors de choisir pour cela la méthode la plus pratique pour arriver au but. Les méthodes connues se divisent en deux genres différents : l'une d'elles cherche à réduire le problème à la détermination de l'orbite d'une étoile double, en éliminant dans une première approximation l'influence du changement de position du plan de projection sur lequel nous apercevons les mouvements des satellites, effet qui provient du mouvement de la planète autour du soleil et de notre propre changement de position avec la terre. Cette méthode ne permet d'introduire dans le calcul qu'un nombre restreint d'observations, et il faut, en faisant varier les éléments, chercher dans des approximations consécutives le système final d'éléments qui représentent le mieux les observations. Ce procédé de tâtonnements n'est guère pratique dans le cas présent. Une autre méthode, celle que Bessel a employée pour les recherches citées plus haut, consiste à calculer les éléments, au moyen de coefficients différentiels, d'après la comparaison des observations avec une première orbite approximative ; ces coefficients doivent être déter-

minés numériquement pour chaque observation qui fournit deux équations linéaires, chacune contenant six inconnues. On peut alors trouver par la méthode des moindres carrés les valeurs les plus probables de ces inconnues à l'aide d'un nombre quelconque d'équations, à partir de six. Cette méthode est évidemment la plus exacte, mais elle est très laborieuse, et elle est plutôt destinée à donner une orbite définitive basée sur un grand nombre d'observations. Comme une telle base n'était pas à ma disposition pour les quatre satellites observés outre Titan, et que je ne pouvais, avec une vingtaine d'observations, arriver à déterminer avec la dernière précision une orbite de satellite, j'ai dû renoncer à suivre cette méthode, malgré son exactitude. J'ai été alors forcé de prendre un autre chemin par lequel, il est vrai, on n'arrive qu'à une approximation, mais qui s'écarte moins de la vérité que les observations des positions, sur lesquelles le calcul est basé, ne diffèrent des positions vraies. Cette méthode permet de dégager les inconnues sans faire de tâtonnements, et offre en même temps ceci d'intéressant que l'excentricité de l'orbite s'obtient d'une manière purement géométrique, sans que l'on ait à introduire dans les équations fondamentales la loi des aires égales dans des temps égaux. Or, le mouvement réel et non uniforme du satellite autour du centre de gravité du système secondaire, donne pour cette valeur un moyen de contrôle indépendant. J'aurai à revenir sur ce point dans le courant de mon exposé.

La méthode n'est point nouvelle, car je n'avais qu'à suivre, pour obtenir les formules, la méthode graphique, très souvent employée pour chercher une première approximation de l'orbite d'une étoile double. Mais avant de pouvoir utiliser ce procédé, il faut trouver un moyen de rendre les positions données indépendantes du changement du plan de projection sur lequel les observations ont été faites, et enfin les réduire à une distance moyenne de Saturne à la terre. Il est évident que la première de ces deux causes de variations apparentes des dimensions de l'orbite exige, pour être éliminée rigoureusement, la connaissance de la position de l'orbite, position qui nous est encore inconnue. Mais, heureu-

sement, l'influence que ce changement du plan de projection fait subir aux variations est assez faible lorsqu'il s'agit d'une série de mesures faites quelques mois avant et après une opposition de la planète, pour qu'une valeur approchée de ce changement, telle qu'on peut la déduire de celui sur le plan des anneaux puisse suffire.

La position apparente de celui-ci sur le plan de projection est donnée pour un certain nombre de jours de chaque année dans le *Berliner Jahrbuch*, savoir l'angle p compris entre la direction du grand axe de l'anneau et le cercle de déclinaison passant par le centre de Saturne, compté depuis le côté ouest de l'axe par le nord, puis l'angle de l'élévation de la terre au-dessus du plan de l'anneau, l. Or p est la direction de la ligne des nœuds, et $90° - l$ l'inclinaison du plan de l'anneau par rapport au plan de projection, sur lequel nous voyons la planète à un moment donné.

Soient maintenant :

(x) et (y) les coordonnées rectilignes d'un satellite, données directement par l'observation; l'origine du système étant dans le centre de Saturne et l'axe des X coïncidant avec la position apparente du grand axe de l'anneau;

ρ et P les coordonnées polaires du même point, l'origine restant la même, l'axe des X coïncidant avec la direction du cercle de déclinaison passant par le centre de la planète, compté dans le sens indiqué plus haut;

l_0 un angle moyen d'élévation de la terre au-dessus du plan de l'anneau, pour un moment suffisamment rapproché de l'opposition de la planète.

Δ_0 une distance moyenne de la planète à la terre, correspondant à une époque arbitraire;

Δ la distance de la planète au moment de l'observation.

Alors on a d'abord

$$(x) = \rho \cos (\mathrm{P} - p)$$
$$(y) = \rho \sin (\mathrm{P} - p)$$

Dans ce système, les (x) ne varient pas par un changement de l'incli-

naison du plan, il n'y a qu'à les réduire au rayon visuel moyen de Saturne. Mais les (y) varient en outre en raison des cosinus de l'inclinaison. On peut donc admettre avec un degré suffisant d'approximation que les coordonnées corrigées, c'est-à-dire réduites au plan moyen de projection sont représentées par les formules

$$\left.\begin{aligned} x &= \frac{\rho\,\Delta}{\Delta_0}\cos(\mathrm{P}-p) \\ y &= \frac{\rho\,\Delta\sin l_0}{\Delta_0\sin l}\sin(\mathrm{P}-p) \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(I)}$$

où l'axe des X coïncide évidemment avec l'angle de position du grand axe de l'anneau sur ce plan de projection. Nous appellerons cet angle p_0.

Comme la projection d'une ellipse sur un plan est toujours aussi une ellipse, chaque observation d'un satellite, corrigée de la manière indiquée, est représentée par la formule

$$a^2b^2 = a^2\big((y-y_0)\cos\psi-(x-x_0)\sin\psi\big)^2 + b^2\big((x-x_0)\cos\psi+(y-y_0)\sin\psi\big)^2 \ldots \text{(II)}$$

où

a et b représentent les deux demi-axes de l'ellipse apparente que le satellite décrit sur le plan de projection;

x_0 et y_0 les coordonnées du centre de cette ellipse;

ψ l'angle compris entre l'axe des X et le grand axe de l'ellipse.

Il s'agirait de déterminer ces cinq inconnues par un système d'équations pareilles à (II); mais la solution exacte de ce problème est impossible dans notre cas, et il faut se borner à former une expression approximative, plus facile à employer, ce qui peut se faire de la manière suivante. D'abord on connaît toujours des valeurs assez approchées du grand et du petit demi-axe de l'orbite apparente a_0, et b_0, pour pouvoir se permettre de n'introduire comme inconnues dans l'expression écrite plus haut que les corrections da et db, dont les secondes puissances sont négligeables. De plus, on sait que l'angle ψ doit être toujours très petit, parce que les inclinaisons des plans des satellites sur le plan de l'anneau sont faibles.

On peut donc faire cos ψ égal à l'unité, et négliger les termes renfermant le carré de sin ψ. Enfin, les quantités x_0 et y_0 doivent aussi être très petites, parce que la distance entre l'origine des coordonnées située au centre de la planète et le centre de l'orbite apparente représente la projection de l'excentricité de l'orbite vraie, dont le foyer se trouve au centre de la planète. Comme les observations peuvent être représentées à de faibles différences près par des orbites circulaires, l'excentricité, et à plus forte raison les quantités x_0 et y_0 peuvent être considérées comme valeurs de second ordre dont les secondes puissances sont négligeables. En ayant égard à ces considérations dans le développement de la formule (II), elle se transforme, après l'avoir divisée par $2a_0^2$, dans la suivante :

$$da\left(\frac{y^2}{a_0} - \frac{b_0^2}{a_0}\right) + db\left(\frac{b_0 x^2}{a_0^2} - b_0\right) - x_0 x \frac{b_0^2}{a_0^2} - y_0 y - xy\left(1 - \frac{b_0^2}{a_0^2}\right)\sin\psi +$$
$$+ \frac{1}{2}\left(y^2 + x^2\frac{b_0^2}{a_0^2} - b_0^2\right) = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(III)}$$

En introduisant les notations

$$a' = \frac{y^2}{a_0} - \frac{b_0^2}{a_0};\ b' = \frac{b_0 x^2}{a_0^2} - b_0;\ c' = -x\frac{b_0^2}{a_0^2};\ d' = -y;\ e' = -xy\left(1 - \frac{b_0^4}{a_0^2}\right);$$
$$n = \frac{1}{2}\left(y^2 + x^2\frac{b_0^2}{a_0^2} - b_0^2\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(IV)}$$

on obtient l'équation linéaire à cinq inconnues

$$a'da + b'db + c'x_0 + d'y_0 + e'\sin\psi + n = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(V)}$$

qui peut servir à déterminer les valeurs les plus probables de ces inconnues par la méthode des moindres carrés, dès que le nombre des observations est supérieur à cinq.

Ces cinq quantités nous font connaître la position et les dimensions de l'ellipse de projection, après quoi le problème, de chercher l'ellipse vraie, dans laquelle le mouvement du satellite a lieu autour de son centre de gravitation, devient très facile. Nous portons dans ce but l'origine des

coordonnées au centre de l'ellipse de projection, qui est en même temps le centre de l'ellipse vraie, la direction de l'axe des X étant toujours parallèle à l'équateur. Le rayon qui joint cette nouvelle origine avec l'ancienne, le centre de Saturne, étant considéré comme le foyer de l'ellipse vraie, indique évidemment la direction de la projection du grand axe de l'orbite vraie, sur laquelle se trouve le Périsaturnium et l'angle de position G de cette direction sera donné par :

$$\operatorname{tang}(G - p_0) = \frac{-y_0}{-x_0}. \qquad \text{(VI)}$$

Le rayon α de l'ellipse apparente dans la direction G est la projection du demi-grand axe de l'ellipse vraie. Nous le trouvons à l'aide de l'expression :

$$\alpha^2 = \frac{b^2}{\sin^2(G - p_0 - \psi) + \frac{b^2}{a^2}\cos^2(G - p_0 - \psi)} \qquad \text{(VII)}$$

Une tangente au point où α coupe l'ellipse apparente est parallèle au petit axe de l'ellipse vraie. Si nous appelons son angle de position H, et sa valeur projetée β, nous avons :

$$\left.\begin{aligned} \operatorname{tang}(H - p_0 - \psi) &= -\frac{b^2}{a^2}\operatorname{cotang}(G - p_0 - \psi) \\ \beta^2 &= \frac{b^2}{\sin^2(H - p_0 - \psi) + \frac{b^2}{a^2}\cos^2(H - p_0 - \psi)} \end{aligned}\right\} \qquad \text{(VIII)}$$

Si l'on appelle e l'excentricité de l'orbite vraie, on a évidemment :

$$e^2 = \frac{x_0^2 + y_0^2}{\alpha^2} \qquad \text{(IX)}$$

Soient maintenant :

a_1 et b_1 les demi-axes de l'ellipse vraie,

π l'ascension droite du Périsaturnium dans l'orbite vraie,

Ω l'ascension droite du nœud sur l'équateur dans l'orbite vraie,

i l'inclinaison de l'orbite sur le plan de l'équateur,

N_0 l'angle de position du nœud sur le plan moyen de projection,

I_0 l'inclinaison de l'orbite sur le plan moyen de projection,

α_0 et δ_0 l'ascension droite et la déclinaison de Saturne à l'instant pour lequel on a choisi le plan moyen de projection.

Comptons maintenant les angles dans l'orbite vraie dans la direction des longitudes croissantes, donc opposée à celle que nous avions choisie pour les angles sur le plan de projection; introduisons enfin un angle $F_0 = \alpha_0 - \pi - 90°$. Comme la droite N_0 sur le plan de projection est nécessairement perpendiculaire sur le rayon de vision de Saturne, qui occupe la direction α_0, N_0 doit avoir dans l'orbite vraie la position $\alpha_0 - 90°$. L'angle F_0 représente donc la direction du Périsaturnium dans l'orbite, comptée dans le sens des angles de position depuis la ligne des nœuds sur le plan de projection, et la projection de l'angle F_0 est égale à $G - N_0$. Cette remarque nous permet de poser immédiatement les quatre équations :

$$\left.\begin{aligned} a_1 \cos F_0 &= \alpha \cos (G - N_0) \\ a_1 \sin F_0 \cos I_0 &= \alpha \sin (G - N_0) \\ -b_1 \sin F_0 &= \beta \cos (H - N_0) \\ b_1 \cos F_0 \cos I_0 &= \beta \sin (H - N_0) \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (X)$$

auxquelles se joint encore la relation connue

$$\frac{b_1^2}{a_1^2} = 1 - e^2. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (XI)$$

Divisons dans les équations (X) la seconde par la première et la quatrième par la troisième, puis multiplions les deux quotients, et nous avons la nouvelle relation

$$\cos^2 I_0 = - \operatorname{tang} (G - N_0) \operatorname{tang} (H - N_0) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (XII)$$

Si l'on divise maintenant la deuxième et la quatrième des équations (X) par $\cos I_0$, si l'on élève ensuite toutes les quatre à la seconde puissance

et qu'on ajoute la première à la deuxième, et la troisième à la quatrième, on obtient :

$$\left.\begin{aligned} a_1^2 &= \alpha^2 \left(\cos^2 (G - N_0) + \sin^2 (G - N_0) \sec^2 I_0\right) \\ b_1^2 &= \beta^2 \left(\cos^2 (H - N_0) + \sin^2 (H - N_0) \sec^2 I_0\right) \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(XIII)}$$

En divisant ces deux équations l'une par l'autre, et en introduisant dans le quotient pour $\sec^2 I$ sa valeur résultant de (XII), et pour $\frac{a_1^2}{b_1^2}$ celle donnée par (XI), on trouve, après une transformation facile, la relation :

$$\frac{\alpha^2}{\beta^2} (1 - e^2) = - \frac{\sin 2 (H - N_0)}{\sin 2 (G - N_0)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(XIV)}$$

Si l'on désigne, pour abréger, par c la valeur connue du premier membre de cette dernière équation, on obtient l'angle de position de la ligne des nœuds sur le plan de projection, par la formule

$$\operatorname{tang} 2 N_0 = \frac{c \sin 2 G + \sin 2 H}{c \cos 2 G + \cos 2 H} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(XV)}$$

Cet angle étant connu, on trouve l'inclinaison par l'équation (XII) et enfin F_0 et a_1 par les équations (X), ainsi, par exemple :

$$\left.\begin{aligned} \operatorname{tang} F_0 &= \operatorname{tang} (G - N_0) \sec I_0 \\ a_1 &= \alpha \cos (G - N_0) \sec F_0 \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(XVI)}$$

L'angle F_0 donne directement l'ascension droite, ou la longitude du Périsaturnium dans l'orbite. On a $\pi = \alpha_0 - F_0 - 90^\circ$, et l'on trouve enfin l'ascension droite A et la déclinaison D du pôle du plan de l'orbite par les formules :

$$\left.\begin{aligned} \sin D &= \sin \delta_0 \cos I_0 + \cos \delta_0 \sin I_0 \cos N_0 \\ \sin (\alpha_0 - A) &= - \frac{\sin I_0}{\cos D} \sin N_0 \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(XVII)}$$

Alors la longitude du nœud sur le plan de l'équateur devient $\Omega = A + 90°$, et l'inclinaison de l'orbite sur ce dernier $i = 90° - D$.

Les dimensions de l'orbite vraie et sa position par rapport à un plan fixe dans l'espace étant connues maintenant, il ne nous reste plus qu'à déterminer la longitude moyenne du satellite dans l'orbite, pour un instant donné, et son mouvement moyen diurne. Pour résoudre ce problème, il faut d'abord chercher les positions vraies du satellite dans son orbite, correspondant aux positions apparentes observées, ce qui peut se faire de la manière suivante. Si α et δ sont l'ascension droite et la déclinaison de Saturne pour un instant donné t, pour lequel la ligne des nœuds et l'inclinaison de l'orbite par rapport au plan de projection, sont déterminées par les notations N et I, on a :

$$\left.\begin{aligned} \cos I &= \sin\delta \sin D + \cos\delta \cos D \cos(\alpha - A) \\ \sin N &= -\frac{\cos D}{\sin I} \sin(\alpha - A) \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots (XVIII)$$

Ces deux angles ne varient pas beaucoup pendant une assez longue série d'observations, et l'on peut calculer une éphéméride, de laquelle les valeurs pour un instant donné peuvent être interpolées.

En déterminant maintenant l'angle F par la relation

$$\operatorname{tang} F = \operatorname{tang}(P - N) \sec I \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (XIX)$$

on a l'anomalie vraie $v = \alpha - \pi - F - 90°$.

Et enfin l'anomalie excentrique E, et l'anomalie moyenne M, par les relations connues :

$$\left.\begin{aligned} \frac{1-e}{1+e} &= \operatorname{tang}^2 \frac{1}{2}(v - E) \\ M &= E - e \sin E \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (XX)$$

l'angle M augmentant proportionnellement au temps. Si M_0 est une valeur approchée de l'anomalie moyenne pour un instant moyen t_0, et dM la correction à apporter à cette valeur moyenne, si de même μ_0 est une

valeur approchée du mouvement moyen diurne et $d\mu$ sa correction, chaque observation faite à un instant t fournit une équation de la forme :

ou
$$\left.\begin{array}{l} M = M_0 + dM + (\mu_0 + d\mu)(t - t_0) \\ (t - t_0)\, d\mu + dM + M_0 - M + \mu_0 (t - t_0) = o \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots (XXI)$$

Cette dernière équation peut servir à déterminer les valeurs les plus probables des corrections dM et $d\mu$ en faisant concourir toutes les observations par la méthode des moindres carrés. Il va sans dire que les instants t doivent être préalablement corrigés pour l'équation de la lumière; si t_1 est l'instant donné directement par l'observation, on a l'instant corrigé

$$t = t_1 + 497^s\,78\,(\Delta_0 - \Delta) \quad \ldots\ldots (XXII)$$

et l'anomalie moyenne corrigée $M_0 + dM$ est alors celle que le satellite occupe en apparence, au moment où la lumière arrive à la Terre dans la distance moyenne Δ_0.

Si l'on veut déduire des éléments la position du satellite à un instant donné, pour la comparer à la position observée on peut suivre une marche inverse de celle indiquée plus haut. Les formules (XX) jusqu'à (XVIII) donnent l'angle de position du satellite pour l'instant t. Enfin on a le rayon dans l'orbite vraie

$$r = a_1 (1 - e \cos E) \quad \ldots\ldots (XXIII)$$

et la distance apparente, vue de la terre,

$$\rho = \frac{\Delta_0 r}{\Delta} \cos F \sec (P - N) \quad \ldots\ldots (XXIV)$$

Quant aux résultats numériques que j'ai déduits d'après cette méthode des observations données dans le chapitre précédent de ce travail, je les regarde seulement comme une base provisoire pour des recherches plus exactes, qu'une prochaine opposition de la planète permettra sans doute d'exécuter, grâce à l'expérience acquise pendant la première série d'observations faites avec notre nouvel instrument. C'est pour cette raison que je n'ai pas jugé nécessaire de donner ici tous les détails des calculs

numériques, qui auraient augmenté inutilement les dimensions de ce travail préliminaire. Voici maintenant les résultats obtenus pour l'orbite des différents satellites :

Encelade.

J'ai introduit dans le calcul huit observations de cet astre, en laissant de côté seulement l'une des positions données dans le chapitre précédent, celle du 25 septembre. Ce jour, la valeur o de la coordonnée y a été seulement estimée et non mesurée, et x aussi diffère trop considérablement de la position donnée par l'éphéméride de M. Marth, pour lui accorder quelque confiance. Des autres observations, j'ai déduit les cinq inconnues de l'équation (V) comme suit :

$$\begin{aligned} a &= 35''006 \\ b &= 7''286 \\ x_0 &= +\ 0''9189 \\ y_0 &= -\ 0''4499 \\ \frac{\rho}{\Delta} &= -\ 0''26'.7 \end{aligned}$$

Avec ces chiffres, et les suivants qui se rapportent à la position du plan de projection pour l'époque moyenne du 8 octobre, que j'avais choisie

$$\begin{aligned} p_0 &= +\ 1^\circ 24'.3 \\ \Delta_0 &= 9.53890 \\ \alpha_0 &= 25^\circ\ 8'.7 \\ \delta_0 &= +\ 7^\circ 27'.7 \end{aligned}$$

on obtient le système suivant d'éléments :

$$\begin{aligned} a_1 &= 35''069 \\ e &= 0.066235 \\ \pi &= 181^\circ 45'.3 \\ N_0 &= 0^\circ 58'.8 \\ I_0 &= 78^\circ\ 0'.3 \\ \Omega &= 127^\circ\ 5'.9 \\ i &= 4^\circ 38'.0 \end{aligned}$$

Enfin, les équations de condition qui déterminent une anomalie moyenne et le mouvement moyen diurne du satellite donnent $M = 325^\circ,116 \pm 2^\circ,55$ pour $t =$ Oct. 8,5387, méridien de Greenwich,

et $\mu = 262^\circ,7904 \pm 0^\circ,0775$. De ce dernier chiffre résulte la durée de la révolution égale à 1 jour, 8 heures, 52 minutes et 40,5 secondes. L'incertitude de ces dernières valeurs est assez considérable, l'erreur moyenne d'une longitude dans l'orbite s'élevant à 7° environ. Mais, vu la difficulté de faire des mesures micrométriques bien exactes de ce satellite, et l'impossibilité de l'observer, lorsqu'il n'est pas près de son élongation, on pouvait s'attendre d'avance à ces discordances. L'orbite déterminée par ces quelques observations ne peut certainement pas inspirer beaucoup de confiance, surtout en ce qui concerne la longitude moyenne et le mouvement moyen, déterminé par un intervalle de 114 jours seulement. Je répète ici que je n'ai entrepris ce travail que pour obtenir une première base pour des recherches ultérieures.

J'ai représenté les observations avec le système d'éléments donné plus haut. Mais les différences du calcul avec ces dernières démontraient que le grand axe adopté était trop grand. Comme cette dernière quantité est, selon le mode de calcul employé, une valeur indépendante des autres éléments, il était permis de la faire varier isolément, de façon à obtenir par des approximations successives le meilleur accord possible entre les valeurs calculées et les valeurs observées de x. Pour chercher cette correction du grand axe, j'ai exclu la première observation, dont l'écart avec le calcul dépassait deux secondes, et j'ai déduit des autres la valeur corrigée du demi-grand axe égale à $34'',29$. Avec ces données, les observations sont représentées comme suit, les lettres O et C désignant les valeurs observées et calculées des coordonnées, et dx et dy leurs différences :

t	Ox	Cx	dx	Oy	Cy	dy
$227^d.5811$	$(-36''.20)$	$-34''.07$	$(-2''.13)$	$-2''.39$	$-2''.77$	$+0''.38$
266.4261	+19.38	+20.05	−0.67	+6.87	+6.72	+0.15
273.5016	+40.26	+40.05	+0.21	+0.67	−0.70	+1.37
282.5387	−33.48	−33.12	−0.36	+4.79	+3.78	+1.01
284.3751	+37.44	+37.39	+0.05	+3.24	+2.29	+0.95
306.4378	+38.29	+38.38	−0.09	−4.61	−3.04	−1.57
315.4935	−22.28	−22.02	−0.26	+6.26	+5.86	+0.40
341.4205	−32.50	−32.66	+0.16	+2.42	+2.52	−0.10

Dans la colonne t du tableau qui précède, se trouve l'instant de l'observation corrigé pour l'équation de la lumière, et compté depuis le commencement de l'année. D'après la somme des carrés des dx et dy, l'erreur moyenne d'une observation, toujours à l'exception de la première, devient $\pm$ 0″,664. On voit d'après ce tableau que les observations des y ont beaucoup moins bien réussi que celles des x, et le même fait se manifeste aussi pour les autres satellites. Il est la conséquence d'un arrangement défavorable des observations; j'ai mesuré, comme je l'ai déjà expliqué dans le chapitre précédent, les quantités x et y par rapport à un système de coordonnées rectangulaires, dont les axes coïncident avec les axes de l'ellipse apparente des anneaux de la planète. L'ajustement du micromètre pour avoir cette coïncidence a dû être fait deux fois pour chaque satellite, parce que le micromètre n'a qu'un seul fil mobile, de sorte qu'il fallait, après les mesures des x, tourner le cercle de position d'un angle droit pour faire les mesures des y. Il y a donc à tenir compte, en outre de l'erreur de l'ajustement du fil mobile, de l'erreur de l'ajustement du cercle de position, qui devait quelquefois se faire très vite pour ne pas avoir un trop long intervalle entre les mesures des deux coordonnées. De plus l'erreur de l'ajustement du cercle de position influe seulement d'une très faible quantité sur les x, tandis que les y subissent toute l'influence de cette incertitude. Il sera facile, dans une série ultérieure d'observations du même genre, de remédier à cet inconvénient, en ajustant le cercle de position toujours sur un même angle dans les deux positions du micromètre, par exemple dans la direction moyenne du grand axe de l'anneau pour l'opposition considérée. De cette façon, on aura une réduction de plus à faire pour préparer les observations en vue du calcul de l'orbite, mais l'exactitude y gagnera certainement.

J'ajoute encore ici que j'ai calculé pour le satellite Encelade la somme des carrés des écarts entre l'observation et la théorie, en employant d'abord pour le calcul des cinq inconnues, l'expression approchée (V) puis la formule exacte (II). Dans le premier cas, cette somme est 31,76,

dans l'autre 32,48. Or, ce cas spécial prouve pratiquement que la formule (V) se rapproche suffisamment de la vérité.

Téthys.

Toutes les 23 observations de ce satellite ont pu être employées pour la détermination de son orbite. Le système des équations de condition (V) a été résolu deux fois, parce que la première hypothèse pour les axes de l'ellipse de projection s'écartait trop de la réalité. Dans la seconde hypothèse, j'ai admis $a_0 = 41'',8$ et $b_0 = 10'',2$. Alors les équations finales ont donné les cinq inconnues comme suit :

$$\begin{aligned} a &= 41''287 \\ b &= 10''133 \\ x_0 &= -\ 0''00013 \\ y_0 &= -\ 0''06939 \\ \psi &= -\ 1^\circ\,26'\,0'' \end{aligned}$$

Les chiffres qui déterminent le plan moyen de projection, pour l'époque du 20 octobre à minuit moyen de Greenwich, et qui indiquent la direction des axes des coordonnées pour l'instant adopté dans la résolution de la formule (V), sont :

$$\begin{aligned} \alpha_0 &= 24^\circ\,28'\,0'' \\ \delta_0 &= +\ 7^\circ\,12'\,2'' \\ p_0 &= +\ 1^\circ\,29'\,24'' \end{aligned}$$

La distance moyenne Δ_0 de Saturne à la Terre est la même que celle adoptée dans les chapitres précédents. On obtient alors les éléments suivants :

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 41''291 \\ e &= 0,006847 \\ \pi &= 204^\circ\ 6'\,45'' \\ \mathrm{N}_0 &= 359^\circ\,56'\,10'' \\ \mathrm{I}_0 &= 75^\circ\,47'\,34'' \\ \Omega &= 113^\circ\,57'\,33'' \\ i &= 7^\circ\ 0'\,40'' \end{aligned}$$

Les équations de condition (XXI) donnent pour le 27 octobre, midi

moyen de Greenwich, $M = 95^\circ,924 \pm 0^\circ,662$ et $\mu = 190^\circ,7185 \pm 0^\circ,0140$, donc la durée de la révolution est égale à 1 jour, 21 heures, 18 minutes et 8,4 secondes. Après avoir comparé une première fois les observations avec les positions déduites de ce système d'éléments, on obtient pour la valeur définitive du grand axe de l'orbite, 42″,48, comme étant celle qui établit le meilleur accord entre les observations et le calcul. La comparaison des positions observées et des positions calculées est donnée dans le tableau suivant :

t	Ox	Cx	dx	Oy	Cy	dy
226.5747	— 39.″88	— 40.″21	+ 0.″33	+ 6.″60	+ 6.″73	— 0.″13
227.4961	+ 41.60	+ 41.54	+ 0.06	— 5.56	— 6.23	+ 0.67
230.5542	— 16.45	— 17.95	+ 1.50	+ 12.41	+ 11.75	+ 0.66
231.4785	+ 20.41	+ 20.29	+ 0.12	— 11.01	— 11.64	+ 0.63
235.5953	- 29.08	— 28.78	— 0.30	— 8.34	— 9.08	+ 0.74
237.4559	— 26.30	— 24.76	— 1.56	— 9.98	— 9.98	0.00
240.4597	+ 43.47	+ 42.88	+ 0.59	+ 3.95	+ 3.69	+ 0.26
257.4731	+ 44.96	+ 45.53	— 0.57	+ 2.11	+ 2.46	— 0.35
264.4064	— 33.68	— 34.04	+ 0.36	+ 8.05	+ 9.55	— 1.50
266.4306	— 15.29	— 15.78	+ 0.49	+ 11.87	+ 12.06	0.19
268.4991	+ 12.02	+ 13.07	— 1.05	+ 11.03	+ 11.53	0.50
273.3909	— 34.91	— 36.38	+ 1.47	— 6.34	— 7.30	+ 0.96
276.4417	+ 49.15	+ 48.46	+ 0.69	— 0.63	— 1.63	+ 1.00
282.5819	— 2.23	— 2.04	— 0.19	— 12.35	— 12.23	— 0.12
284.3813	+ 12.49	+ 11.94	+ 0.55	— 11.54	— 12.20	+ 0.66
290.3818	37.76	37.35	— 0.41	— 6.30	— 6.86	+ 0.56
305.4144	— 30.39	— 29.84	— 0.55	— 7.98	— 8.53	+ 0.55
306.4431	+ 39.78	+ 39.84	— 0.06	+ 4.75	+ 5.57	— 0.82
315.4977	— 15.40	14.71	— 0.69	+ 10.75	+ 11.17	— 0.42
340.4148	+ 37.94	+ 38.82	— 0.88	+ 3.81	+ 4.94	— 1.13
341.4261	— 43.49	- 43.39	— 0.10	— 2.34	— 2.94	+ 0.60
346.3406	+ 44.85	+ 44.45	+ 0.40	— 3.29	— 4.19	+ 0.90
377.3079	— 41.25	— 41.69	+ 0.44	2.72	— 2.21	0.51

D'après les valeurs de dx et de dy, l'erreur moyenne d'une observation de ce satellite devient $\pm$ 0,705.

Dioné.

La seule observation exclue du calcul est celle du 10 octobre, qui était

déjà désignée comme douteuse dans le chapitre précédent. Avec l'hypothèse de $a_0 = 54'',7$ et $b_0 = 15'',4$, les autres observations donnent

$$\begin{aligned} a &= 54''679 \\ b &= 13''034 \\ x_0 &= +\ 0''37727 \\ y_0 &= -\ 0''20289 \\ \psi &= -\ 0°\ 19'\ 10'' \end{aligned}$$

Ces quantités se rapportent au même plan moyen de projection que celui adopté pour Téthys. Les éléments elliptiques de l'orbite de Dioné deviennent alors :

$$\begin{aligned} a_1 &= 54''685 \\ e &= 0.016888 \\ \varpi &= 180°\ 16'\ 48'' \\ N_0 &= 1°\ 10'\ 20'' \\ I_0 &= 76°\ 12'\ 41'' \\ \Omega &= 124°\ 17'\ 2'' \\ i &= 6°\ 41'\ 30'' \end{aligned}$$

Le mouvement moyen diurne de ce satellite résulte de mes observations, par la méthode décrite plus haut, égal à $131°,54551 \pm 0°,00907$ et l'anomalie moyenne pour le 27 octobre, à midi moyen de Greenwich, $334°,992 \pm 0°,434$.

Pour ce satellite, les observations des x laissent des écarts trop considérables avec la théorie, pour qu'il soit possible de les attribuer à des erreurs accidentelles. L'erreur moyenne d'une observation de la coordonnée x deviendrait égale à $\pm\ 1'',028$, tandis que l'erreur d'un y serait seulement égale à $\pm\ 0,494$. Il paraît que ce désaccord est en partie causé par le fait, que le centre de gravité du système saturnien ne doit pas complètement coïncider avec le centre de la planète, c'est-à-dire que le mouvement des satellites autour de Saturne n'a certainement pas lieu exactement comme nous l'avons supposé dans les considérations théoriques qui précèdent. L'excentricité de l'orbite, déterminée d'une manière purement géométrique, n'indique pas encore exactement la forme de l'ellipse que le satellite décrit en réalité autour du centre de gravité du système

secondaire. Si la distance du foyer de l'ellipse vraie au centre de Saturne est plus faible que celle déduite de l'excentricité de l'orbite, obtenue d'après la méthode expliquée, le mouvement du satellite serait plus uniforme, et l'on pourrait considérer l'orbite comme un cercle excentrique par rapport à la planète, si cette distance est à peu près la même que l'excentricité trouvée par la formule (V). Or, pour rechercher si une pareille position excentrique du centre de gravité était en réalité perceptible dans les observations de ce satellite, j'ai résolu encore une fois le système des équations (XXI), mais en introduisant à la place des M les v, résultant directement de la formule (XIX), c'est-à-dire en remplaçant les anomalies moyennes par les anomalies vraies. J'ai trouvé, en effet, dans cette supposition une diminution de l'erreur moyenne pour les deux quantités déterminées par les équations (XXI), la longitude du satellite pour un instant donné et le mouvement diurne. J'obtiens $M = 334^\circ,807 \pm 0^\circ,359$ et $u = 131^\circ,54350 \pm 0^\circ,00750$; enfin, la durée de la révolution est égale à 2 jours, 17 heures, 40 minutes, 54,1 secondes avec une incertitude de 15,3 secondes. De même aussi, l'accord du calcul avec les observations directes des x et y devient meilleur; l'erreur moyenne des x est $\pm 0'',875$, et celle des y $\pm 0'',440$, mais la première de ces valeurs diminue encore sensiblement, si l'on ne tient pas compte des observations des x du 18 août et du 20 septembre. Pendant ces deux observations, le satellite se trouvait près de sa conjonction sud avec la planète. Dans cette position, les x calculés sont sensiblement affectés de l'incertitude de la longitude moyenne, qui s'élève pour ce satellite à $21',5$, et il est fort probable que cette cause d'erreur s'est combinée pour les deux observations indiquées avec des erreurs accidentelles.

Pour une série d'observations à faire pendant l'opposition de 1881-1882, il serait désirable de mesurer avec le plus grand soin les x pendant les conjonctions, afin de pouvoir se borner à ces dernières dans le calcul de la longitude moyenne, et du mouvement diurne fait d'après le système des équations de condition (XXI). Les observations traitées dans ce travail ne me paraissent pas permettre ce choix-là.

Les observations de Dioné sont représentées comme suit, si l'on suppose le mouvement uniforme ayant lieu sur la périphérie d'un cercle excentrique par rapport à la planète, et en admettant $a_1 = 54''{,}58$, la valeur du demi-grand axe qui s'accorde le mieux avec les mesures directes :

t	Ox	Cx	dx	Oy	Cy	dy
226.5765	— 48.″11	— 49.″25	+ 1.″14	— 8.″75	— 8.″06	— 0.″69
227.5082	— 0.29	— 0.02	— 0.27	+ 14.70	+ 15.24	— 0.54
230.5483	+ 38.27	+ 37.80	— 0.47	+ 11.85	+ 11.33	+ 0.52
231.4849	+ 15.49	+ 17.43	(— 1.94)	— 15.17	— 15.20	+ 0.03
235.5901	— 17.44	— 16.90	— 0.54	+ 15.49	+ 14.77	+ 0.72
237.4609	— 46.19	— 45.40	— 0.79	— 9.83	— 10.00	+ 0.17
240.4491	— 59.02	— 59.04	+ 0.02	— 1.82	— 1.76	— 0.06
257.4884	— 16.58	— 16.02	— 0.56	+ 14.90	+ 14.91	— 0.01
264.3997	+ 4.90	+ 6.59	(— 1.69)	— 16.02	— 15.78	— 0.24
266.4350	+ 61.04	+ 61.57	— 0.53	+ 1.73	+ 1.89	— 0.16
267.4707	— 38.08	— 38.61	+ 0.53	— 11.75	— 12.11	+ 0.36
268.5031	— 6.10	— 6.28	+ 0.18	+ 14.82	+ 15.25	— 0.43
273.3980	— 61.00	— 60.96	— 0.04	+ 2.73	+ 2.56	+ 0.17
276.4474	— 40.29	— 39.73	— 0.56	+ 12.05	+ 11.81	+ 0.24
282.5866	+ 46.29	+ 45.96	+ 0.33	+ 10.83	+ 9.97	+ 0.86
290.3857	— 6.52	— 7.39	+ 0.87	+ 14.54	+ 14.51	+ 0.03
305.4104	+ 8.96	+ 9.15	— 0.19	— 15.06	— 14.66	— 0.40
306.4509	— 49.18	— 47.90	1 28	+ 8.61	+ 9.20	— 0.59
315.5032	+ 53.38	+ 54.80	— 1.42	+ 6.63	+ 6.81	— 0.18
340.4106	+ 59.98	+ 60.08	— 0.10	2.96	2.17	— 0.79
341.4386	— 47.45	— 48.12	+ 0.67	— 8.02	— 7.80	— 0.22
377.3111	— 56.86	— 56.01	— 0.85	+ 0.50	+ 0.69	— 0.19

L'erreur moyenne d'une observation devient $\pm\ 0''{,}574$, en laissant de côté les deux différences mises en parenthèse dans le tableau précédent.

Rhéa.

21 observations ont été employées pour la détermination de l'orbite de ce satellite. J'ai seulement exclu du calcul la première, du 13 août. L'hypothèse $a_0 = 76''{,}2$ et $b_0 = 18''{,}5$ fait ressortir l'ellipse de projection déterminée par les chiffres suivants :

$$\begin{aligned} a &= 76''489 \\ b &= 18''032 \\ x_0 &= -\ 0''64260 \\ y_0 &= -\ 0''21649 \\ \varphi &= -\ 0^\circ\ 0'\ 30'',1 \end{aligned}$$

le plan moyen de projection étant le même que celui choisi pour Téthys et Dioné. Il en résulte l'orbite suivante :

$$\begin{aligned} a_1 &= 76''495 \\ e &= 0.014657 \\ \pi &= 239^\circ\ 26'\ 0'' \\ N_0 &= 1^\circ\ 28'\ 48'' \\ I_0 &= 76^\circ\ 21'\ 52'' \\ \Omega &= 127^\circ\ 4'\ 31'' \\ i &= 6^\circ\ 36'\ 10'' \end{aligned}$$

Pour l'instant du midi moyen à Greenwich, du 27 octobre, on obtient $= 70^j,281 \pm 0^j,492$: puis $\gamma\ 79^j,6873 \pm 0^j,0111$; enfin, pour la durée de la révolution 4 jours, 12 heures, 25 minutes et 25,4 secondes. La valeur définitive du demi grand axe est 75″,97. Dans cette orbite, les observations sont représentées comme suit :

t	Ox	Cx	dx	Oy	Cy	dy
227.5031	+ 5″.45	+ 6″.05	— 0″.60	+ 21″.08	+ 21″.02	+ 0″.06
230.5603	— 76.87	— 76.80	— 0.07	— 6.58	— 6.65	+ 0.07
231.4692	— 52.45	— 53.01	+ 0.56	+ 16.90	+ 16.26	+ 0.64
235.5260	— 80.69	— 80.97	+ 0.28	+ 4.05	+ 4.84	— 0.79
237.4655	+ 81.25	+ 81.03	+ 0.22	+ 4.63	+ 3.58	+ 1.05
240.4542	— 57.46	— 57.96	+ 0.50	+ 15.79	+ 15.42	+ 0.37
257.4966	— 71.82	— 71.27	— 0.55	— 14.23	— 12.39	— 1.84
264.3922	+ 77.76	+ 78.14	— 0.38	+ 7.75	+ 8.32	— 0.57
266.4394	— 64.60	— 64.19	— 0.41	— 14.42	— 14.02	— 0.40
267.4764	— 64.84	— 65.61	+ 0.77	+ 14.94	+ 13.84	+ 1.10
268.5091	+ 47.83	+ 47.91	— 0.08	+ 17.31	+ 17.45	— 0.14
273.4044	+ 77.85	+ 77.84	+ 0.01	+ 9.51	+ 8.74	+ 0.77
276.4808	— 67.30	— 67.94	+ 0.64	+ 13.28	+ 13.07	+ 0.21
284.3890	— 56.09	— 56.76	+ 0.67	— 16.56	— 16.30	— 0.26
290.3888	— 32.01	— 32.47	+ 0.46	+ 19.65	— 19.15	+ 0.50
305.4192	+ 85.90	+ 85.01	+ 0.89	— 3.32	— 2.68	— 0.64

t	Ox	Cx	dx	Oy	Cy	dy
	"	"	"	"	"	"
306.4466	— 0.34	— 2.22	(+ 1.88)	—20.26	—20.19	—0.07
315.5010	— 3.13	— 6.04	(+ 2.91)	—19.54	—19.71	+0.17
340.4188	+ 12.67	+ 11.99	+ 0.68	+ 17.86	+ 17.62	+0.24
341.4460	+ 83.58	+ 82.77	+ 0.81	— 0.97	— 0.76	—0.21
346.3377	+ 71.50	+ 69.82	+ 1.68	—10.00	— 9.69	—0.31

Les deux fortes différences mises en parenthèse dans le tableau précédent s'expliquent par la même raison que celle qui était déjà invoquée en pareil cas pour Dioné, le satellite se trouvant aussi dans sa conjonction sud avec la planète. A ces exceptions près, l'erreur moyenne d'une observation de Rhéa est égale à $\pm 0'',651$.

Titan.

Quant à ce satellite, le plus brillant du système de Saturne et qui s'éloigne jusqu'à 3′ du centre, un grand nombre d'observations ont été faites depuis sa découverte par Huygens en 1655. La théorie de son mouvement est rigoureusement traitée par Bessel (*Astr. Nachr.*, n° 9 et suite). Les quelques observations que j'en ai données dans le chapitre précédent, exécutées d'après une méthode dont l'erreur augmente fortement avec les distances, ne peuvent presque rien ajouter à la connaissance du mouvement de cet astre. Les calculs suivants ont pour seul but de déterminer, d'après mes observations, la distance moyenne du satellite et une longitude moyenne, soit une correction du mouvement moyen depuis l'époque de Bessel, pour en déduire la masse de la planète.

D'après les tables de Bessel, on a pour l'époque moyenne de mes observations :

$$\pi = 269°\ 0'\ 43''$$
$$\Omega = 122°\ 55'\ 3''$$
$$i = 6°\ 34'\ 52$$
$$e = 0.028717$$

et une longitude moyenne pour le commencement de l'année 1880, méri-

dien de Paris, $L_0 = 248^\circ 57' 43''$, cette dernière considérée au moment du départ de la lumière de la planète. Mais un calcul superficiel avait déjà montré que cette dernière devant être sensiblement augmentée, et je l'ai provisoirement corrigée de $+ 1^\circ 45'$. En outre, j'ai déterminé les différences entre les anomalies vraies d'après mes observations et celles données par l'orbite de Bessel. En supposant maintenant que l'inclinaison et la longitude du nœud de l'orbite de Bessel ne donnent pas lieu à une correction, j'ai essayé de déterminer d'après l'ensemble de mes observations une correction de la longitude moyenne, de l'excentricité et de la longitude du Périsaturnium. Le procédé, que j'ai adopté pour obtenir ces corrections, est en principe le même que celui proposé par M. Oppolzer dans le second volume de son ouvrage : *Lehrbuch zur Bahnbestimmung der Kometen und Planeten*, p. 388 et suite. Cet astronome introduit les valeurs auxiliaires :

$$\Phi = \frac{\sin \varphi}{\text{arc sin } 1''} \sin \pi$$

$$\Psi = \frac{\sin \varphi}{\text{arc sin } 1''} \cos \pi$$

où φ est l'angle de l'excentricité, $(e = \sin \varphi)$. L'équation différentielle entre les variations des éléments indiqués, et celles de la longitude vraie du satellite dans son orbite, devient alors :

$$d(v + \pi) = \frac{a^2}{r^2} \cos \varphi \, d L_0 - \left\{ \cos (v + \pi) \frac{2 + e \cos v}{\cos^2 \varphi} + \Psi \text{arc } 1'' \left(1 + \frac{(1 + e \cos v)^2}{2 \cos \varphi \cos^2 \frac{1}{2} \varphi} \right) \right\} d \Phi$$

$$+ \left\{ \sin (v + \pi) \frac{2 + e \cos v}{\cos^2 \varphi} + \frac{\Phi \text{arc } 1''}{\cos^2 \varphi} \left(1 + \frac{(1 + e \cos v)^2}{2 \cos \varphi \cos^2 \frac{1}{2} \varphi} \right) \right\} d \Psi$$

En négligeant les termes de l'ordre de l'excentricité, cette équation se réduit à l'expression suivante :

$$d(v + \pi) = (1 + 2 e \cos v) \, d L_0 - 2 \cos (v + \pi) \, d \Phi + 2 \sin (v + \pi) \, d \Psi$$

qui est suffisamment approchée pour le cas considéré. D'après cette der-

nière, les différences de 17 longitudes vraies donnent pour la correction définitive de la longitude moyenne, calculée d'après Bessel pour le commencement de l'année 1880, $+1°27'24''$; la longitude du périsaturnium devient $277°13'5''$ et l'excentricité 0,026590. J'avais exclu de ce dernier calcul les longitudes dérivées des observations du 22 août, du 13 septembre, du 21 octobre et du 1er novembre, desquelles résultaient des différences trop fortes avec l'orbite de Bessel pour qu'elles puissent être attribuées à des erreurs de la théorie.

Avec ces éléments corrigés, j'ai calculé les distances apparentes ρ du satellite au centre de Saturne pour toutes les observations, dans lesquelles la coordonnée x dépasse 160″, et en faisant le demi grand axe a de l'orbite égal à l'unité. La comparaison des valeurs observées avec les valeurs calculées de ρ, a donné

$$a = 176''.889$$

La correction du mouvement diurne, enfin, provenant de la correction de $+1°27'24''$ à appliquer à la longitude moyenne est égale à $+0°,000079$. Il en résulte

$$\mu = 22°.577053$$

et pour la durée de la révolution tropique :

$$T = 15^{d}\,22^{h}\,41^{m}\,22^{s}.2$$

Les 17 observations employées sont représentées par cette orbite comme suit :

t		Ox	Cx	dx	Oy	Cy	dy
Août 14	$10^{h}37^{m}35^{s}$	+ 164″.21	+ 165″.70	— 1″.49	— 24″.25	— 23″.76	— 0″.49
» 17	12 23 45	— 24.74	— 27.66	+ 2.92	— 48.34	— 49.87	+ 1.53
» 18	10 11 24	— 89.18	— 88.89	— 0.29	— 44.81	— 44.67	— 0.14
» 24	10 7 12	— 75.05	— 74.08	— 0.97	+ 46.39	+ 47.10	— 0.71
» 27	9 58 12	+ 137.84	+ 138.52	— 0.68	+ 33.58	+ 32.40	+ 1.18
Sept. 20	8 43 50	— 160.03	— 159.26	— 0.77	— 32.42	— 31.15	— 1.27

t	Ox	Cx	dx	Oy	Cy	dy
Sept. 22 9 19 40	— 205.42	— 204.56	— 0.86	+ 6.89	+ 5.68	+ 1.21
» 23 9 23 51	— 183.01	— 183.07	+ 0.06	+ 23.73	+ 24.07	— 0.34
» 24 11 11 24	— 131.70	— 130.26	— 1.44	+ 40.86	+ 39.74	+ 1.12
» 29 8 40 49	+ 187.81	+ 188.45	— 0.64	+ 11.08	+ 12.02	— 0.94
Oct.. 2 10 29 31	+ 110.77	+ 114.21	— 3.44	— 40.30	— 41.37	+ 1.07
» 10 8 15 29	— 133.55	— 135.34	+ 1.79	+ 38.01	+ 38.20	— 0.19
» 16 8 13 42	+ 194.93	+ 195.63	— 0.70	— 8.01	— 8.62	+ 0.62
Nov.. 10 11 2 3	— 169.29	— 167.78	— 1.51	+ 28.21	+ 27.81	+ 0.40
Déc.. 5 8 33 25	+ 85.94	+ 86.60	— 0.66	— 38.33	— 38.91	+ 0.58
» 6 9 47 18	+ 8.33	+ 9.40	— 1.07	— 43.81	— 43.05	— 0.76
» 11 6 52 14	— 192.87	— 192.34	— 0.53	+ 11.36	+ 11.42	— 0.06

Les instants des observations sont donnés dans ce tableau, conformément aux tables de Bessel, en temps moyen de Paris et réduits à l'instant où la lumière part de la planète.

Dans les différences des observations avec le calcul, l'influence de l'erreur de l'ajustement du cercle de position est beaucoup plus sensible que pour les autres satellites. En effet, un manque de coïncidence entre les fils fixes et les axes de l'anneau de la planète, qui est inappréciable pour une distance de 20″, la distance des extrémités de l'anneau au centre de Saturne, pourrait encore être négligeable pour les cinq premiers satellites, jusqu'à Rhéa, mais ne l'est plus pour Titan. Les différences qui restent ne montrent en tous cas point d'erreur systématique, qui exigeât une correction de l'inclinaison de l'orbite, que j'avais adoptée d'après celle de Bessel. La somme des dy devient o à très peu de chose près, si l'on forme ces différences en prenant tous les y positifs.

Détermination de la Masse de Saturne.

La formule que Bessel a employée pour déterminer la masse de Saturne, d'après le mouvement et la distance de Titan est la suivante (voir le travail déjà cité plus haut) :

$$M = \frac{\left(\frac{\mu}{\mu'}\right)^2 \sin^3 a - fm}{1 - \left(\frac{\mu}{\mu'}\right)^2 \sin^3 a}$$

Dans cette formule, μ représente le mouvement moyen sidéral du satellite autour de son centre de gravitation, comme il aurait lieu si le soleil n'agissait pas sur le système de Saturne. Ce dernier augmente en apparence la force attractive de la planète, c'est-à-dire il rend le mouvement plus rapide qu'on ne le trouverait sans l'influence secondaire d'une masse perturbatrice en dehors du système des satellites. μ_1 est le mouvement moyen sidéral de Saturne autour du Soleil dans le même intervalle de temps que celui choisi pour μ; a est le demi-grand axe de l'orbite du satellite; f un facteur qui dépend des dimensions de l'anneau et de la distance du satellite; m enfin est la masse de l'anneau. Cette formule tient donc compte de l'attraction de l'anneau, mais elle néglige l'influence de l'aplatissement de la planète, que Bessel jugeait insensible quant au mouvement de Titan.

Pour les perturbations séculaires du mouvement du satellite, produites par l'attraction du Soleil, Bessel donne l'expression

$$dE = \frac{T}{T'} \frac{dv'}{\sqrt{(1-e_1^2)^3}} \left\{ -1 + \frac{3}{2}\sin^2 i_1 + \frac{3}{4}\left[1 + e^2 - \sqrt{1-e^2}\left(-1 + \right.\right.\right.$$
$$\left.\left.\left. + \frac{3}{2}\sin^2 i_1 - \frac{5}{2}\sin^2 i_1 \cos 2\Gamma \right) \right] \right\}$$

Ici, dE est la variation de la longitude pendant l'intervalle de temps choisi ou la quantité à retrancher d'une longitude vraie observée du satellite pour avoir la position qu'il occuperait sans l'action du Soleil. dv' représente le mouvement de Saturne autour du Soleil dans ce même intervalle, T et T' les durées de révolution du satellite et de la planète, e_1 l'excentricité de l'orbite de Saturne, i_1 l'inclinaison de l'orbite du satellite sur l'orbite de la planète, enfin Γ la longitude du périsatur-

nium du satellite comptée depuis le nœud. Pour cette formule, on peut écrire avec une approximation suffisante

$$d\mathrm{E} = \frac{\mathrm{T}}{\mathrm{T}^{\mathrm{I}}}\, dv_{\mathrm{I}} \left(-1 + \frac{3}{2}\sin^2 i_{\mathrm{I}}\right)$$

Bessel trouvait pour Titan et pour une année

$$\frac{d\mathrm{E}}{dt} = -46''.357 - 0''.030 \cos 2\,\Gamma$$

Or, en supposant le plan des autres satellites le même que celui de Titan pour l'évaluation de cette très faible influence de l'attraction du Soleil, j'ai pensé pouvoir mettre

$$\frac{d\mathrm{E}}{dt} = -46''.36\,\frac{\mathrm{T}_{,,}}{\mathrm{T}_{,}}$$

où $\mathrm{T}_{,,}$ est le temps de révolution du satellite considéré et $\mathrm{T}_{,}$ celui de Titan.

Pour le coefficient f, Bessel a développé la série suivante :

$$f = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{(\rho_{\mathrm{I}}^4 - \rho^4) : (\rho_{\mathrm{I}}^2 - \rho^2)}{a^2 (1-e^2)^{\frac{1}{2}}} + \left(\frac{1.3}{2.4}\right)^2 \cdot \frac{5}{3} \cdot \frac{(\rho_{\mathrm{I}}^6 - \rho^6) : (\rho_{\mathrm{I}}^2 - \rho^2)}{a^4 (1-e^2)^{\frac{5}{2}}} \left(1 + \frac{1}{2}e^2\right) +$$

$$+ \left(\frac{1.3.5}{2.4.6}\right)^2 \cdot \frac{7}{4} \cdot \frac{(\rho_{\mathrm{I}}^8 - \rho^8) : (\rho_{\mathrm{I}}^2 - \rho^2)}{a^6 (1-e^2)^{\frac{9}{2}}} \left(1 + 3e^2 + \frac{3}{8}e^4\right) + \text{etc.} \ldots\ldots$$

dans laquelle ρ est le demi-diamètre intérieur et ρ_{I} le demi-diamètre extérieur de l'anneau de Saturne, e l'excentricité de l'orbite du satellite.

Quant à la masse de l'anneau m, Bessel en a déterminé une valeur approchée de $\frac{1}{119}$ de la masse de Saturne, par l'influence de l'attraction de l'anneau sur le mouvement de la ligne des apsides de Titan.

En suivant la marche du calcul que je viens de désigner, j'ai adopté pour m le chiffre de Bessel, pour φ' le mouvement moyen sidéral de

Saturne la valeur d'après les tables de Leverrier (voir *Annales de l'Observatoire de Paris, Mémoires*, tome XII, p. A 3), 12°,13′16″,11 pour une année julienne, ou 0°,03345958 dans un jour moyen.

Pour Encelade, dE devient de cette manière égal à 8′59″,6 pour une année, donc le mouvement sidéral diurne, corrigé de l'influence du Soleil, devient 262°,79077. Le coefficient f se trouve, d'après les dimensions de l'anneau, désignées dans le premier chapitre de ce travail égal à 0,1862. De ces valeurs combinées avec le demi-grand axe 46″357, il résulte que la masse de Saturne est 3533,08 fois plus petite que celle du Soleil.

La correction dE pour Téthys est égale à 6′31″,6, son mouvement moyen rectifié de cette valeur et de la précession devient alors 190°,71824; f devient égale à 0,1211; enfin, le demi-grand axe 42,480 donne la valeur réciproque de la masse de Saturne égale à 3526,14.

Pour Dioné, on obtient les chiffres suivants : $d\mathrm{E} = 4'30'',1$; $\mu = 131°,54333$; $f = 0,0733$ et le demi-grand axe 54″,580 donne $\frac{1}{\mathrm{M}} = 3493,17$.

Pour Rhéa, on a $d\mathrm{E} = 2'43'',6$; $\mu = 79°,68721$; $f = 0,0379$; d'après ces données, a étant égal à 75″,968, la valeur correspondante de la masse devient égale à 3529,08.

La masse de Saturne déduite des observations de Titan diffère notablement des chiffres précédents. Elle devient avec $d\mathrm{E} = 46'',4$; $\mu = 22°,577050$; $f = 0,0069$ et $a = 176'',889$ égale à 3481,57.

Comme les données pour cette dernière détermination sont obtenues d'après une méthode très différente que pour les quatre autres satellites, j'ai cru qu'il était logique de calculer la valeur moyenne de la masse résultant seulement des quatre premiers satellites observés, et de laisser à part le résultat tiré des observations de Titan.

Le poids relatif de chacune des quatre déterminations de la masse est égal au nombre d'observations ayant concouru au résultat, multiplié par le carré du demi-grand axe du satellite, et cela en partant de la suppo-

sition que chaque observation des différents satellites est faite avec le même degré de précision. On a donc :

	Masse.	Poids.
Encelade :	3533.08	$0.8 \times 11.6 = 9.3$
Téthys :	3526.14	$2.3 \times 17.6 = 40.5$
Dioné :	3493.17	$2.2 \times 30.2 = 66.4$
Rhéa :	3529.08	$2.1 \times 57.8 = 121.4$

Il en résulte comme valeur moyenne probable de la masse de Saturne :

$$\frac{1}{M} = \mathbf{3518.70} \pm 9.41$$

Résumé des Éléments des cinq Satellites observés.

Je reproduis dans le tableau qui suit les éléments des cinq satellites observés.

	Encelade	Téthys	Dioné	Rhéa	Titan
E	1880 Oct. 8.0	1880 Oct. 27.0	1880 Oct. 27.0	1880 Oct. 27.0	1880 Oct. 27.0
L_0	5° 18′.3	300° 2′ 11″	155° 5′ 13″	309° 42′ 52″	182° 25′ 38″
T	$1^d\,8^h\,52^m\,40^s.5$	$1^d\,21^h\,18^m\,8^s.4$	$2^d\,17^h\,40^m\,54^s.1$	$4^d\,12^h\,25^m\,25^s.4$	$15^d\,22^h\,41^m\,22^s.2$
a	34″.29	42″.48	54″.58	75″.97	176″.89
a'	3.937	4.877	6.266	8.722	20.308
a_c	34″.29	42″.46	54″.39	—	176″.11
e	0.006235	0.006847	0.016888	0.014657	0.026590
ϖ	181° 45′.3	204° 6′ 45″	180° 16′ 48″	239° 26′ 0″	277° 13′ 3″
Ω	127° 5′.9	113° 57′ 33″	124° 17′ 2″	127° 4′ 31″	122° 55′ 3″
i	4° 38′.0	7° 0′ 40″	6° 41′ 30″	6° 36′ 10″	6° 34′ 52″

Dans ce tableau, E est l'époque moyenne choisie, rapportée au méridien de Greenwich; L_0 la longitude moyenne du satellite à cette époque et le moment où la lumière est arrivée à la distance 9.53890 de Saturne; T est la durée de la révolution tropique; a le demi-grand axe de l'orbite, exprimé une première fois en secondes d'arc, vu de la distance 9.53890

de Saturne, une seconde fois exprimé en rayons de l'équateur de Saturne, d'après le chiffre trouvé dans la première partie de ce travail; a_c indique cette même quantité calculée d'après la loi de Kepler, en partant de l'orbite de Rhéa; e désigne l'excentricité de l'orbite; π la longitude du périsaturnium; Ω la longitude du nœud ascendant, comptée sur l'équateur terrestre, et i l'inclinaison de l'orbite sur le plan de ce dernier.

Je ne veux pas me hasarder à tirer quelques conclusions prématurées de ces résultats provisoires, qui demandent à être vérifiés par une série ultérieure d'observations plus complètes dans l'exécution desquelles je mettrai à profit l'expérience acquise pendant l'opposition de 1880. Je me borne seulement à attirer l'attention sur ce fait singulier, que les directions du périsaturnium de tous les cinq satellites sont comprises dans un même angle droit, et que le périsaturnium du système des anneaux se trouve, d'après les observations traitées dans le premier chapitre de ce travail, dans ce même angle droit. Ce fait pourrait soulever un doute sur la coïncidence du centre de gravité du système saturnien avec le centre géométrique de la planète, ce qui pourrait être attribué à un manque d'homogénéité du corps de cette dernière dans le cas où les perturbations ne pourraient pas l'expliquer. Les excentricités des orbites trouvées géométriquement, et sans application de la loi de Newton dans les calculs précédents, ne pourraient pas représenter exactement les mouvements observés si une telle différence avait réellement lieu, et il paraît en effet que le mouvement de Dioné présente une anomalie de ce genre. Mais, je le répète, il est encore trop tôt d'ouvrir une discussion à ce sujet.

MÉLANGES
ICHTHYOLOGIQUES

PAR

Godefroy LUNEL
Directeur du Musée d'histoire naturelle de Genève.

(Lu à la séance de la Société de physique et d'histoire naturelle du 9 juin 1881.)

LISTE

DE QUELQUES ESPÈCES DE POISSONS, NOUVELLES POUR LA FAUNE DE L'ILE MAURICE

SUIVIE DE DESCRIPTIONS ET DE REMARQUES

Sous le titre de Contribution à la faune ichthyologique de l'Ile Maurice, Bleeker[1] a donné un Catalogue des poissons de cette île, dont le nombre est, suivant lui, de 471 espèces. Il décrit : *Epinephelus Playfairi*, Bleeker (*Serranus Sonnerati*, Playf.) nec C. V., Day, *Pseudoscarus spinolotus*, Kner, *Eupomacentrus* (*Brachypoma*) *ater*, Bleeker, et *Agriopus melanosoma*, Bleeker. Les trois derniers sont accompagnés de figures coloriées.

Depuis la publication du catalogue de Bleeker, le Musée de Genève ayant reçu, de la part de MM. de Robillard, plusieurs envois de poissons de l'Ile Maurice, soit en peaux, soit dans l'esprit de vin; de plus, ayant pu examiner ceux envoyés par le même au Musée de Lyon, j'ai reconnu parmi tous ces poissons quarante-trois espèces nouvelles pour la faune

[1] Verhand. Kon. Ak. Amst. Mémoires de l'académie d'Amsterdam, t. XVIII, 23 p., 3 pl.

ichthyologique de cette île, lesquelles, ajoutées au catalogue de Bleeker, plus les *Genyorose bengalensis*, *Julis hebraica* et *Coris annulata*, non mentionnées dans ce catalogue; mais indiquées par Valenciennes et par M. Günther comme se trouvant à Maurice, on aura un total de 517 espèces. En attendant, ce qui est probable, que de nouvelles recherches nous en fassent connaître d'autres, il m'a paru de quelque utilité de donner la liste de ces dernières espèces, dont quelques-unes se recommandent, soit pour certaines particularités non encore signalées, soit au point de vue de leur distribution géographique. J'ai cru devoir donner aussi la description de plusieurs de ces poissons que je n'ai pu déterminer sûrement, n'ayant pas à ma disposition d'individus en nature, mais seulement leur description pour la comparaison.

Enfin un nouvel envoi de l'Ile Maurice, reçu depuis la rédaction de ce travail, m'a permis d'y découvrir un poisson de l'ordre des Lophobranches et pour lequel j'ai dû créer un genre nouveau et une espèce nouvelle, le *Penetopteryx tæniocephalus;* on en trouvera la description à sa place dans la classification que j'ai suivie.

BERICIDÆ

Myripristis trachypoma, Günther.

Cuba, Indes occidentales, — Maurice. Exempl. 1. Long. 17 centimètres.

PERCIDÆ

Aprion virescens, C. V.

Seychelles, — Maurice. Exempl. 1. Long. 64 centimètres.

Anthias oculatus, C. V.

Martinique, Jamaïque, Madère, — Maurice. Exempl. 2. Long. 1 mètre, pris à 80 brasses.

Cuvier et Valenciennes (*Histoire des poissons*, 1828, t. II, p. 266, pl. 32) sont les premiers qui ont décrit et figuré ce poisson, sous le nom de *Serranus oculatus*, d'après un individu de neuf pouces de long que Plee leur avait envoyé de la Martinique, où cette espèce est connue sous le nom vulgaire de *gros-yeux*. Ces auteurs disent que la caudale chez le *S. oculatus* est divisée en fourches longues et pointues, ayant chacune le quart de la longueur du poisson; ces derniers mots sembleraient indiquer que ces fourches sont de la même longueur, tandis que, sur la figure de la planche 32 de l'histoire des poissons, le lobe supérieur de la caudale est représenté dépassant sensiblement le lobe inférieur. Enfin, d'après M. Günther (*Catalog. of the fishes*, 1859, t. I, p. 92), les lobes de la caudale, chez l'*Anthias oculatus*, seraient à peu près d'égale longueur. Voici les remarques que j'ai pu faire sur les deux exemplaires absolument pareils, et dans les mêmes conditions de conservation, qui nous sont venus de l'île Maurice; leurs différentes parties se rapportant en général aux descriptions qui en ont été données, je ne m'occuperai que de leur caudale, la seule partie qui m'ait paru pouvoir présenter quelque différence. Chez ces poissons, la caudale est profondément creusée en croissant, avec ses lobes très longs et effilés; malheureusement tous les deux sont privés de leur pointe; néanmoins, le lobe supérieur dépasse encore l'inférieur d'au moins dix centimètres, et il est probable que cette différence de longueur doit se retrouver à peu près dans les mêmes proportions chez les individus à caudale entière, car si l'on mesure la largeur du lobe supérieur, au point correspondant en droite ligne à l'extrémité de la partie tronquée du lobe inférieur, on trouve que cette largeur est le double de celle de ce dernier, ce qui indique que le premier doit prendre un plus grand développement, et par conséquent devenir le plus long.

N'y aurait-il pas lieu de croire, d'après ce qui précède, que les lobes de la caudale qui seraient presque d'égale longueur chez les jeunes, ou chez ceux de moyenne taille de l'*Anthias oculatus*, prendraient toujours un plus grand développement avec l'âge, et deviendraient inégaux chez les très grands individus? Du reste, cette forme de queue, qui est propre à la plupart des espèces du genre, notamment à l'*Anthias sacer*, chez lequel c'est le lobe inférieur de la caudale qui dépasse de beaucoup le supérieur, se retrouve encore chez des poissons appartenant à d'autres familles, chez quelques Balistides par exemple, dont la queue plus ou moins carrée ou arrondie dans le jeune âge, se prolonge en lobes très longs, filamenteux et souvent d'inégale longueur chez les sujets adultes.

Maintenant, si on compare la longueur des lobes de la caudale, chez nos *anthias*, depuis leur base jusqu'à la partie qui en est tronquée, avec la longueur du poisson, prise du bout du museau à l'extrémité des rayons médians de la queue, on trouvera

que le lobe supérieur y est compris deux fois et un cinquième, et le lobe inférieur trois fois et un neuvième. Enfin, si on ajoutait à chaque lobe la longueur approximative de ce qui peut leur manquer, on trouverait deux fois moins un cinquième environ pour le premier, et deux fois et demie environ pour le second.

Serranus rhyncholepis, Bleeker.

Célèbes, — Maurice. Exempl. 2. Long. 42. centimètres, pris à 50 et 70 brasses.

Genyoroge nigra, Forskal.

Mer Rouge, — Maurice. Exempl. 1. Long. 48 centimètres.

Mesoprion Johnii, Bloch.

Indes, Chine, Australie, Madagascar, — Maurice. Long. 19 centimètres.

Priacanthus macrophthalmus, C. V.

Antilles, Côtes du Brésil, Madère, Indes occidentales, — Maurice. Exempl. 1. Long. 19 centimètres.

SPARIDÆ

Lethrinus hæmatopterus, Temm et Schlegel.

Japon, — Maurice. Exempl. 1. Long. 65 centimètres, pris à 50 brasses.

SQUAMIPINNES

Chætodon Meyeri, Bloch.

Moluques, Célèbes, Java, — Maurice. Exempl. 3. Long. 20 centimètres.

Holacanthus lepidolepis, Bleeker.

Batavia, Seychelles, — Maurice. Exempl. 1. Long. 33 centimètres, pris à 30 brasses.

Holacanthus alternans, C. V.

Madagascar, — Maurice. Exempl. 1. Long. 23 centimètres, pris à 30 brasses.

SCOMBRIDÆ

Naucrates ductor, Lin. Naucrates indicus, C. V.

Méditerranée, Amérique, Cap de Bonne-Espérance, Bourbon, — Maurice. Exempl. 1. Long. 36 centimètres, pris à 70 brasses.

Echeneis naucrates, Lin.

Dans presque toutes les mers, — Maurice. Exempl. 1. Long. 50 centimètres.

Coryphæna equisetis, Lin.

Méditerranée, Atlantique, — Maurice. Exempl. 1. Long. 1 mètre, pris à 50 brasses.

CARANGIDÆ

Seriola Lalandii? C. V.

Côtes du Brésil, Cap de Bonne-Espérance, Japon, — Maurice. Exempl. 1. Long. 94 centimètres.

Cette Sériole, le premier individu du genre, dont la capture, à ce que je sache, ait été signalée à l'Ile Maurice, réunit des caractères communs à plusieurs espèces de ce même genre. Ce poisson se rapproche principalement, sauf quelques différences plus ou moins appréciables, des *S. Lalandii*, C. et V. et *S. dubia*, Lowe; ces deux espèces paraissant, du reste, n'en former qu'une seule, à en juger surtout par l'individu unique de la *S. dubia*, pris à Madère, individu dont M. Lowe avait communiqué la description à M. Günther, et que celui-ci avait comparée avec des spécimens de la *S. Lalandii*, conservés dans l'esprit-de-vin. Notre Sériole

offre encore par sa seconde dorsale et son anale qui sont falciformes en avant, certains rapports avec la *S. falcata*, C. et V.; mais n'ayant à ma disposition aucun sujet en nature, sauf un seul de la *S. Dumerilii*, Risso, pour établir la comparaison de cette Sériole avec les autres espèces, et par conséquent ne pouvant arriver à une détermination bien sûre, j'ai cru devoir, et en attendant mieux, la rapprocher provisoirement de la *S. Lalandii* et faire connaître en même temps les principaux caractères propres à notre poisson.

D. 7. 1/29. A. 2. 1/21.

Longueur totale du bout du museau à l'extrémité de la caudale, 94 centimètres. Hauteur du corps comprise environ cinq fois dans la longueur totale. Longueur de la tête comprise quatre fois et demie dans la même mesure. L'œil est compris un peu plus de quatre fois dans la longueur de la tête. L'espace entre les deux yeux équivaut à peu près à un diamètre et un tiers de ceux-ci. L'espace entre le museau et l'œil a un diamètre et un tiers de ce dernier. Extrémité du museau un peu convexe; chanfrein un peu concave. Maxillaire dépassant le bord antérieur de l'œil d'un septième du diamètre de celui-ci. Mâchoire inférieure dépassant un peu la supérieure, la bouche étant ouverte. Les mâchoires ont une bande de dents en velours; il y en a d'à peu près semblables sur le corps du vomer; enfin des dents en velours très ras existent sur les palatins et sur la langue; celles de cette dernière offrent une disposition particulière : d'abord sur le milieu une bande allongée et lancéolée, entourée d'un petit espace nu; puis des plaques de ces mêmes dents, de formes rondes ou plus ou moins ovalaires, forment une sorte de mosaïque sur le devant et sur les côtés de cet organe. L'opercule a son bord postérieur presque droit et légèrement sinueux; son bord inférieur est arrondi et forme en avant une ligne droite et oblique; il encadre et échancre le sous-opercule, dont le bord antérieur remonte, sous forme de languette assez large, entre l'opercule et le préopercule. Le sommet de l'opercule en avant présente quelques stries fortes et obliques, le restant de cette pièce est tout à fait lisse. Les pectorales, relativement courtes, sont comprises environ huit fois dans la longueur totale. Les ventrales, insérées à peu près sous l'aplomb des pectorales, sont contenues un peu plus de deux fois et un tiers dans l'espace compris entre leur base et celle de l'anale.

La première dorsale est basse, avec son premier et ses deux derniers rayons très courts; il n'y a aucune trace ni à l'extérieur, ni sous la peau, de l'épine couchée en avant, commune aux poissons de ce genre, aux Caraux et aux Liches, etc.

La seconde dorsale est falciforme en avant; son deuxième rayon, dont la hauteur égale les deux tiers de celle du corps, a plus de trois fois la hauteur du premier. Cette nageoire est régulièrement concave du deuxième au douzième rayon environ, et descend ensuite en suivant la courbe du dos. L'anale a la même forme; elle est plus basse en avant, son troisième rayon étant d'un tiers moins haut que le second de la dorsale. La caudale est fourchue.

La ligne latérale forme, depuis son origine jusque sous l'aplomb du septième rayon environ de la seconde dorsale, une courbe un peu convexe et sinueuse; elle devient ensuite légèrement concave et se dirige en droite ligne sur le milieu de la queue. Une ligne de 17 ou 18 tubercules, dont les premiers et les derniers sont les plus petits, et ceux du milieu plus gros et plus allongés, forment sur le pédicule de la caudale une sorte de carène à surface mousse et non épineuse. Cette carène ou ligne est formée par les tubules du canal latéral qui, très petits sur le corps du poisson, prennent sur cette dernière partie des dimensions beaucoup plus grandes et une consistance plus dure.

Coloration d'un blanc argenté, uniforme, teinté de grisâtre et plus foncé sur les parties supérieures; les trois premiers rayons des pectorales lisérés de noir en dessus; les ventrales jaunâtres, faiblement nuancées de noirâtre vers leur extrémité.

Seriolichthys bipinnulatus, Bleeker.

Batavia, Amboine, Nouvelle-Guinée, Seychelles, — Maurice. Exempl. 1. Long. 80 centimètres, pris à 40 brasses.

LABRIDÆ

Anampses Twistii, Bleeker.

Amboine, — Maurice. Exempl. 1. Long. 15 centimètres.

Novacula pentadactyla, Lin.

Amboine, Chine, Célèbes, — Maurice. Exempl. 1, Long. 17 cent.

Cet exemplaire est une variété assez remarquable de l'espèce. Les taches principales, rouges et caractéristiques, n'y sont qu'au nombre de quatre seulement; la première est placée comme à l'ordinaire sur la réunion du bord membraneux de l'opercule avec la tempe; et les trois autres sur la ligne latérale, à une distance de deux

écailles de la première. Ces taches, au lieu d'être rondes, ont ici une forme particulière; elles sont allongées dans le sens vertical; les trois dernières sont en outre partagées par le milieu en deux sortes de triangles réunis par leur sommet, ce qui les fait paraître sur deux rangs. Enfin, ces taches n'ont aucune bordure de couleur. On voit chez cet individu la trace de la grande tache noirâtre des flancs, ainsi que les dessins des nageoires semblables à ceux du type; mais il est totalement privé des points rouges qui, placés à l'angle des écailles, forment avec le bord plus foncé de celles-ci une sorte de réseau sur le dos et les côtés du corps de ce dernier.

JULIS LUNARIS, Lin.

Chine, Ceylan, Moluques, Seychelles, Bourbon, — Maurice. Exempl. 1. Long. 17 centimètres.

GOMPHOSUS TRICOLOR, Quoy et Gaim.

Chine, Ceylan, — Maurice. Exempl. 1. Long. 20 centimètres.

PSEUDOSCARUS CAPISTRATOÏDES? Bleeker.

Java, — Maurice. Exempl. 1. Long. 48 centimètres, pris à 30 brasses.

OPHIDIIDÆ

DINEMATICHTHYS ILUOCETEOIDES, Bleeker.

Bato, Nias, Goram, — Maurice. Exempl. 1. Long.

FIERASFER HOMEI, Richardson.

Australie, Indes, Bourbon, — Maurice. Exempl. 3. Long. 11 centimètres, trouvés parasites dans une étoile de mer, la *Culcita Schmidiæna*.

MURÆNIDÆ

MURÆNESOX CINEREUS, Forskal.

Océan Indien, Japon, Australie, — Maurice. Exempl. 1. Long. 78 centimètres.

Ophichthys (Pœcilocephalus), Bonaparti, Kaup.

Amboine, — Maurice. Exempl. 1. Long. 75 centimètres.

Ophichthys (Callechelys) melanotænia, Bleeker.

Amboine, — Maurice. Exempl. 3. Long. 49 et 56 centimètres.

PEGASIDÆ

Pegasus draconis, Lin.

Céram, Amboine, Zanzibar, Bourbon, — Maurice. Exempl. 1. Long. 09 centimètres.

SYNGNATIDÆ

Hippocampus borboniensis, A. Duméril.

Bourbon, — Maurice.

Genre Penetopteryx [1], G. Lunel.

Caractères. — Corps allongé; tronc heptagonal; queue quadrangulaire; faces des anneaux un peu convexes, avec les carènes et les angles très peu accentués; bords supérieurs du tronc se continuant sans interruption avec ceux de la queue; rostre très court et très relevé; opercule sans carène médiane: une caudale rudimentaire pour toute nageoire; poche sous-caudale.

Penetopteryx tæniocephalus, G. Lunel.

Pl. fig. 1 à 1e.

Maurice. Exempl. 4.

Caudale rudimentaire 10. Anneaux 19 + 42 — 43. Longueur totale, y compris

[1] πενης, ητος, pauvre en quelque chose; πτέρυξ, υγος, nageoire.

la caudale rudimentaire, soixante millimètres les mâles, et soixante-quatre millimètres la femelle. Hauteur du corps la plus grande : trois millimètres. Tête comprise environ douze fois dans la longueur totale. Longueur du rostre, un millimètre; distance du bout de ce dernier à l'œil, un millimètre et demi. Œil relativement grand; son diamètre est d'environ un millimètre; il est contenu environ cinq fois dans la longueur de la tête; portion postoculaire, deux millimètres. Opercule bombé, sans carène médiane, recouvert de petites granulations formant des stries très fines.

Corps de forme heptagonale, un peu comprimé sur les côtés, avec les faces un peu convexes, et les carènes et les angles des anneaux très faibles; portion caudale quadrangulaire, à faces un peu plus planes, surtout la dorsale, avec les mêmes carènes et les mêmes angles un peu mieux accentués. Cette partie du corps, à partir de ses neuf ou dix premiers anneaux, diminue progressivement de grosseur et se termine en une pointe munie de deux petites pièces triangulaires et à bords arrondis, qui, placées à côté l'une de l'autre, recouvrent la base d'une petite caudale rudimentaire. Les bords supérieurs du tronc se continuent sans interruption avec ceux de la caudale. La femelle n'offre pas une grande différence avec nos individus mâles, seulement elle a quatre millimètres de plus en longueur et son corps est un peu moins haut, moins déprimé à la région sous-caudale, ce qui la fait paraître un peu plus effilée. Le rudiment de caudale, qui est la seule nageoire que possède ce poisson, n'a que les trois quarts d'un millimètre de longueur; sa forme est assez allongée et arrondie sur les bords. Cette nageoire a dix rayons un peu étagés et dont les deux du milieu sont les plus longs; tous ces rayons sont relativement gros et épais et n'ont, autant qu'on peut en juger en les regardant par transparence, qu'un petit nombre d'articulations, allant de deux à trois pour les rayons latéraux, et quatre pour ceux du milieu. Les premiers articles sont les plus longs, ayant à peu près la moitié de la longueur de la nageoire; enfin, le premier quart environ de ces rayons est recouvert par les deux petites pièces ou anneaux qui terminent la queue dont j'ai déjà parlé.

La poche d'incubation dont le mâle est muni, s'étend depuis le cloaque, lequel est entouré de grosses papilles, jusqu'à l'extrémité du quatorzième anneau sous-caudal. Cette poche est formée par un repli membraneux épais, qui, partant du bord libre des anneaux, vient se réunir, sur la ligne médiane, à celui du côté opposé, de manière à protéger les œufs, et à pouvoir s'écarter pour recevoir ces derniers à mesure qu'ils sont pondus par la femelle, ou pour en laisser sortir les jeunes lors de l'éclosion. Chez un de nos individus mâles, dont la poche n'avait pas encore reçu d'œufs, la surface de celle-ci est très aplatie et ne présente qu'une sorte de petite arête longitudinale sur le milieu.

Coloration très caractéristique. La teinte générale est d'un brun verdâtre ou jaunâtre

clair, mais plus foncé sur les premiers anneaux du tronc ; la tête (fig. 1 *a*), du bout du rostre à l'extrémité de l'opercule, est en dessus, sur les côtés et en dessous, d'un beau blanc sur lequel se dessinent en général cinq taches ou sortes de bandes transversales, en chevrons et plus ou moins sinueuses, qui entourent la tête et forment sur le dessus de celle-ci des dessins assez variés. La première de ces taches, la plus étroite, un peu oblique, entoure la base du rostre ; la seconde se montre au-dessous du bord antérieur de l'œil ; la troisième, interrompue au milieu, occupe le haut et le bas du bord postérieur du même organe ; la quatrième est placée un peu plus en arrière et présente au milieu une dilatation qui se prolonge en pointe jusque dans la partie interrompue de la précédente ; enfin une cinquième tache, la plus large, se montre vers l'extrémité de l'opercule. Toutes ces taches ou bandes se continuent sous la tête (fig. 1 *b*) où elles forment autant d'anneaux réguliers et dont quelques-uns ont parfois au milieu un petit élargissement de forme plus ou moins triangulaire, qui, se prolongeant en pointe fine, arrive plus ou moins près de l'anneau suivant. J'ajouterai que, sauf quelques légères modifications, la distribution de ces taches est à peu près la même chez nos quatre individus.

Ces dessins de la tête sont dus à des ponctuations tout à fait semblables aux points pigmentaires qui se remarquent sur les autres parties du corps du poisson, seulement elles sont plus serrées et deviennent confluentes sur les bords des taches. Cette confluence donne au bord de ces dernières une intensité particulière qui est encore augmentée par la couleur claire des espaces compris entre ces dessins ; ces espaces sont en effet les seules parties du corps où les points pigmentaires manquent complètement ou presque complètement. Les points pigmentaires, vus à la lumière réfléchie, paraissent d'un brun violacé ; mais sur un morceau de peau examiné à un grossissement plus fort, par transparence, ils se montrent sous l'aspect de vésicules d'un orangé sale. Près de la queue, ces points pigmentaires sont si éloignés les uns des autres qu'ils n'ont pas une influence appréciable sur la coloration de la peau. A mesure que l'on avance vers les parties antérieures, les ponctuations sont de plus en plus serrées. Au milieu de la longueur du corps, elles n'ont encore qu'une action médiocre sur la couleur ; mais en avant, immédiatement en arrière de l'opercule, elles produisent une coloration bien marquée. On voit sur les côtés du tronc de l'un de nos individus des points pigmentaires plus gros, et d'autres placés assez régulièrement sur les angles supérieurs et inférieurs des deux côtés de la queue, avec quelques points semblables disséminés sur le milieu des anneaux. Chez deux individus, on remarque sur le haut des deux faces inférieures des cinq ou six premiers anneaux de la région ventrale un point pigmentaire très foncé, entouré d'un petit cercle d'un blanc bleuâtre

très clair ; quelquefois deux de ces points paraissent doubles, quoique distincts, étant placés tout à côté l'un de l'autre, notamment sur l'opercule, où il y en a plusieurs. On voit ces mêmes points cerclés chez la femelle, mais seulement sur l'opercule, dont quatre d'un côté et six de l'autre ; le restant de la coloration du tronc et de la queue chez celle-ci est plus claire et plus uniforme que chez les autres.

Outre plusieurs autres caractères distinctifs, l'absence chez le *Penetopteryx tæniocephalus* de toute trace d'une nageoire dorsale suffirait à elle seule pour l'empêcher d'être placé dans aucun des genres ni aucune des espèces connus de l'ordre des Lophobranches qui, tous sans exception, sont pourvus de cet organe; les *Solenostomidæ* ont même deux dorsales; on ne saurait lui trouver quelque affinité qu'avec les espèces du genre *Nerophis*, en ce que, comme lui, elles manquent de pectorales et d'anale, et que leur caudale est nulle ou rudimentaire. Mais notre poisson s'éloigne de ces dernières, non seulement par l'absence de la dorsale, mais encore par d'autres particularités d'une importance appréciable, notamment par son mode de reproduction; les œufs chez le mâle étant reçus dans une poche sous-caudale, à peu près, sauf quelques modifications, comme dans le genre *Syngnathus;* tandis que chez les *Nerophis*, qui n'ont pas de poche ni ventrale ni sous-caudale, les œufs sont déposés simplement sur plusieurs rangs et symétriquement arrangés, sur la région ventrale, dans de petites alvéoles ou cellules formées par l'épaisseur de la peau.

Dès l'abord, en voyant cette pauvreté de nageoires jointe aux petites dimensions de nos individus, j'avais pensé que ce pouvait bien être des jeunes, mais la présence dans la poche des mâles d'œufs assez développés ne m'a laissé aucun doute sur leur état d'adultes. D'ailleurs, les observations de Fr. Fries [1], sur l'éclosion des œufs chez un *Nerophis lumbriciformis;* celles de M. de Quatrefages [2], sur les pectorales transitoires chez

[1] Ichth. Bidrag, 1ste Afdelning 1838, et accompagnant sa note : Metamorphos. anmärkt hos lilla Hafsnälen (*Syngn. lumbriciformis*), p. 59-65.

[2] Mém. sur les embr. des Syngnathes. Ann. Sc. nat., zool. Série II, 1842, t. XVIII, p. 196, pl. 6 *bis* et 7.

les fœtus du *Nerophis ophidion*, celles enfin faites par M. O.-C. Costa [1], sur la même espèce, ont démontré que les jeunes différaient de leurs parents et qu'ils étaient munis des pectorales qui manquaient à ces derniers [2]. L'embryogénie du *Penetopteryx tæniocephalus* doit, sans aucun doute, présenter aussi des particularités intéressantes; quant à ses mœurs, il y a lieu de croire qu'elles doivent avoir plus ou moins d'analogie avec celles des Hippocampes, des Syngnathes et surtout des Nerophis, poissons qui, par leur conformation, par l'absence ou le peu de développement de leur nageoire caudale, ont la faculté de pouvoir enrouler leur queue autour des corps qui se trouvent à leur portée; s'en servir comme d'un appui, et quelquefois même d'y former un groupe en s'attachant les uns aux autres; ils restent ainsi assez longtemps dans une immobilité complète, tout en guettant les petites proies qui passent près d'eux. Pour ce qui est du mode de natation de notre poisson, je ne saurais dire s'il a lieu comme chez ces mêmes Lophobranches, etc., lesquels s'avancent sans imprimer aucune inflexion à leurs corps, l'absence ou le peu de développement de leur caudale ne leur permettant pas de s'en servir comme d'un aviron, ainsi que cela a lieu chez les poissons ordinaires, dont la caudale, plus ou moins développée, leur permet d'avancer au moyen des mouvements latéraux de cette dernière. Dans tous les cas, l'absence de dorsale chez le *Penetopteryx tæniocephalus* doit avoir une certaine influence sur son mode de natation, cette nageoire jouant un rôle important dans la progression des poissons, par les ondulations de l'eau qu'elle détermine et qui produisent le déplacement.

SCLERODERMI

Balistes flavimarginatus, Rüppell.

Mer rouge, Amboine, — Maurice. Exempl. plusieurs de 54 à 60 centimètres.

[1] Rendiconti dell' Ac. Sc. Napoli, t. XI, p. 197-201.

[2] Voir aussi les observations de M. Giovanni Canestrini sur les Lophobranches de l'Adriatique. Atti dell ɜtit. veneto di Sc. lett. ed arti, t. XVI.

Balistes buniva, Lacépède.

Jamaïque, Indes, Ste-Croix, Ste-Hélène, Chine, Zanzibar, Iles Sandwich, — Maurice. Exempl. 2. Long. 30 centimètres.

Monacanthus melanocephalus, Bleeker.

Indes orientales, — Maurice. Exempl. 3. Long. 10 centimètres.

Monacanthus (aluteres) scriptus, Osbeck.

Jamaïque, Amérique du Sud, Indes, Zanzibar, Bourbon, — Maurice. Exempl. 1. Long. 75 centimètres.

Ostracion concatenatus? Lin.

Cap de Bonne-Espérance, Zanzibar, Siam, Chine, Bourbon, — Maurice. Exempl. 1. Long. 7 centimètres 8 millimètres.

Cet ostracion que je n'ai pas cru devoir séparer spécifiquement de l'*Ostracion concatenatus* m'a offert cependant des particularités assez notables pour m'engager à en donner la description qui suit.

D. 9. A. 9. P. 10. C. 9.

Longueur du bout du museau à l'extrémité de la caudale 17 centimètres 8 millimètres. Hauteur du corps 7 centimètres. Largeur abdominale 6 centimètres 2 millimètres. Formes et proportions générales du corps semblables à celles de l'*Ostracion concatenatus*. Museau terminé, au-dessus de la bouche, en un tubercule conique mais moins prononcé que chez l'*Ostracion nasus*. Queue tronquée, un peu arrondie sur les bords. Aucune trace d'épines sourcillières. Une petite épine triangulaire, suivie de deux ou trois autres très petites et tuberculeuses sur la crête dorsale, au niveau de l'extrémité de la pectorale. Peu après est une autre épine beaucoup plus grosse, à pointe dirigée en arrière, et dont la base, large, comprimée et striée, occupe les deux côtés des squammes qui lui correspondent. L'arête médio-dorsale, à partir de cette dernière épine jusqu'à l'origine de la dorsale, est garnie de tubercules épineux. Une épine assez grosse, large et également comprimée, et à pointe dirigée en arrière, existe

sur l'arête abdominale à peu près sous l'aplomb de la grosse épine du dos. Enfin une petite épine, ayant la même direction, se montre plus loin sous l'aplomb de la terminaison de la nageoire dorsale, à partir de là, sur le restant de l'arête abdominale, et jusque sur le bord postérieur des plaques sous-caudales, les tubercules se transforment plus ou moins en épines, lesquelles sont même assez grosses sur la dernière de ces régions.

Plaques squamoïdes régulièrement hexagones sur la plus grande partie du corps ; couvertes de tubercules mousses, relativement gros, nombreux et disposés en séries bien dessinées. Le centre des squames et les diagonales qui vont de ce dernier aux angles du polygone se relèvent un peu en saillie et font ainsi ressortir les lignes de jonction des squames et de leur subdivision en six compartiments triangulaires et réguliers. Les tubercules sont encore plus nombreux et plus serrés sur le devant et les côtés de la tête, où ils couvrent entièrement la surface des squames, et ne laissent appercevoir que très peu les lignes de jonction de ces dernières et encore moins leurs subdivisions. Il en est de même en-dessous, sur la poitrine et le long des bords de la région abdominale ; mais à mesure que l'on avance vers le milieu de cette même région, les tubercules deviennent toujours moins nombreux, plus espacés, et même très clair semés.

Quoique l'individu soit à l'état sec, on y distingue parfaitement une tache ronde d'un joli bleu clair ; au centre de chaque plaque, ces taches sont plus grandes encore, mieux visibles, et entourées d'un liseré noir sur le tronçon de la queue. Les rayons de la caudale offrent un semis régulier d'une trentaine de taches beaucoup plus petites et presque noires ; l'extrémité de la caudale, ainsi que la base de la dorsale et des pectorales sont noirâtres.

Quoique, en général fort semblable à l'*Ostracion concatenatus*, notre exemplaire de Maurice en diffère pourtant par la forme hexagonale et régulière de la généralité de ses squames, rendues plus épaisses et par conséquent fort peu transparentes par les nombreux tubercules dont leur surface est recouverte, quoique l'individu soit à l'état sec. Chez l'*Ostracion concatenatus* les squames sont peu tuberculées, minces et laissent très bien voir par transparence les lignes de jonction des squames et de leurs subdivisions, lesquelles forment ici des hexagones plus ou moins irréguliers, d'où résulte cette sorte de réseau à mailles variées, et souvent disposées comme les anneaux d'une chaîne, ce qui a valu à ce poisson le nom de maillé *O. concatenatus*. Cette particularité ainsi que la transparence des squames et le peu de tubercules dont elles sont munies, etc., ne sont guère moins apparentes chez l'*Ostracion gibbosus*, espèce très voisine du précédent, et que M. Günther, Cat. of the fishes, 1870, t. VIII, p. 259, considère comme devant probablement lui être rapportée.

L'*Ostracion concatenatus* a encore pour caractère d'avoir deux épines sur chaque crête sourcillière; deux sur la crête dorsale, et quatre de chaque côté de l'arête abdominale. Ce nombre d'épines attribué à cette espèce, qui se retrouve à peu près le même chez l'*Ostracion gibbosus*, et qui paraît être l'apanage des jeunes, en général, n'est pas d'une fixité absolue ; car il s'en trouve même de ces derniers, qui n'ont que trois épines au lieu de quatre sur chaque côté de l'arête abdominale, et d'autres dont les épines des crêtes sourcillières sont à peine visibles ou manquent totalement. Enfin, suivant M. Günther, toutes ces épines deviennent moins proéminentes avec l'âge, et l'on n'en découvre aucune trace chez les exemplaires adultes d'une longueur de huit à dix pouces anglais.

L'*Ostracion concatenatus* est assez commun dans les collections, ce sont en général des individus jeunes et desséchés qui nous arrivent de Chine dans des boîtes, et mélangés avec des insectes de cette contrée.

GYMNODONTES

Tetrodon sceleratus, Forst.

Océan Indien, Polynésie, Australie, Seychelles, Bourbon, — Maurice. Exempl. 1. Long. 69 centimètres, pris à 50 brasses.

Chilomycterus reticulatus, Willughby.

Ste-Hélène, Bermudes, — Maurice, Exempl. 1.

CARCHARIIDÆ

Carcharias (Scoliodon) Dumerilii, Bleeker.

Amboine, — Maurice. Exempl. 2. Long. 80 centimètres.

Carcharias (Prionodon) lamia, Risso.

Méditerranée, Atlantique, — Maurice. Exempl. 2 dont un de 1 mètre 42 centimètres et l'autre très grand.

GALEOCERDO TIGRINUS, Müll et Henle.

Indes, Japon, Atlantique, Seychelles, — Maurice. Exempl. 2. Long. 56 centimètres.

ZYGÆNA TUDES, Cuvier.

Méditerranée, Indes occidentales, Sumatra, Zanzibar, — Maurice. Exempl. 2.

MUSTELUS VULGARIS? Müll et Henle.

Côtes d'Europe, — Maurice. Exempl. 1. Long. 42 centimètres.

J'ai inscrit ce mustélien avec doute sous le nom de *Mustelus vulgaris*, par la raison que tout en ayant les plus grands rapports avec ce dernier, il s'en éloignerait par certaines particularités, notamment par la forme de ses nageoires. Cet individu paraîtrait, en outre, par la distance qui existe entre ses deux dorsales, se rapprocher d'un mustélien que Bleeker[1] a décrit sous le nom de *Mustelus manazo* et qui lui avait paru s'éloigner des *M. vulgaris* et *lævis*, en ce sens que, sur trois individus reçus de Nagasaki (Japon) et parfaitement identiques au *Mustelus* figuré sous le nom de *M. vulgaris* dans la *Fauna japonica*, Poiss., pl. 134. Bleeker avait trouvé, entre les deux dorsales, une distance triple de l'espace occupé par la base de la deuxième dorsale, tandis que cette distance est double seulement sur la planche 27 de Müller et Henle (Plag.), et sur la planche 3 du mémoire de Müller (Ueber den glatten Hai, etc.). Bleeker ne signale pas d'autres particularités distinctives, si ce n'est que le *M. manazo* a les dents oblongues, plates et lisses; que sa première dorsale est plus haute que le corps, pointue, échancrée, et très aiguë en arrière; que la seconde est à peine plus haute que longue, pointue et échancrée; que les parties supérieures du corps et des nageoires sont vertes ou d'un gris rougeâtre, et le bas du corps blanchâtre. Bleeker

[1] Niewe nalez, Ichth. Japan, p. 126. in Verhandelingen Bataviaasch Genootschap. 1854-1857.

ajoute que, n'ayant pu comparer ses exemplaires avec le *M. lævis* d'Europe, il maintenait l'espèce jusqu'à plus ample informé.

M. Günther, Catalog. of the Fishes in the British Museum, 1870, t. VIII, p. 387, donne les mêmes caractères distinctifs et une coloration d'un grisâtre uniforme, ou avec de petites taches blanches au *M. manazo*, espèce dont le Musée de Londres possède, d'après ce même catalogue, des mâles adulte et jeune, ainsi qu'une femelle adulte avec fœtus, provenant du Japon; plus un jeune; indiqué avec doute, de Ceylan. Je ne sais si l'espace qui sépare les deux dorsales est toujours le même pour tous les individus du *M. manazo* et constituant pour celui-ci un caractère différentiel; mais ce que l'on peut avancer, c'est que cette particularité n'est pas constante chez les *M. vulgaris* et *lævis*. En effet, des mesures comparatives prises par A. Duméril, Elasm. 1865. t. I, 2me part., p. 403, sur les exemplaires du Musée de Paris, lui ont donné des résultats variables. Ainsi, chez le *M. lævis*, il a trouvé le rapport de 2 ou 2 ½ à 1, et chez le *M. vulgaris*, tantôt ce même rapport, tantôt celui de 3 à 1. J'ai pu constater moi-même une variabilité assez grande dans l'espace qui sépare les deux dorsales chez les *M. vulgaris* et *lævis* conservés dans le Musée de Genève. Ainsi, j'ai trouvé que l'espace occupé par la base de la deuxième dorsale était compris entre les deux dorsales, tantôt un peu moins de deux fois, tantôt juste deux fois ou deux fois et demie, tantôt encore près de trois fois et même trois fois et demie chez un individu.

N'ayant à ma disposition aucun exemplaire en nature du *M. manazo* à pouvoir comparer à notre mustélien de Maurice, j'ai préféré en attendant le rapprocher du *M. vulgaris*, malgré les quelques différences qu'il pouvait présenter avec ce dernier; en même temps, il m'a paru utile d'en faire connaître les principaux caractères.

Museau allongé, plus étroit et moins arrondi que chez le *Mustelus lævis*. Œil relativement grand, compris à peine deux fois de l'angle antérieur de cet organe au bout du museau. Espace qui sépare les deux yeux au niveau du même angle, un peu moins considérable que celui compris entre le bord antérieur de l'œil et le bout du

museau. Bouche n'offrant rien de particulier. Dents oblongues, régulièrement arrangées en losanges, petites et pourvues, surtout celles des rangs postérieurs, d'une pointe médiane petite, mais assez sensible au doigt.

Distance entre la première et la deuxième dorsale, juste le triple de l'espace occupé par la base de cette dernière.

Mais ce qui distingue ce mustélien, c'est la forme particulière de ses nageoires, surtout de ses ventrales et de sa première dorsale, laquelle forme est assez différente, non seulement de celle des *M. vulgaris* et *M. lævis*, malgré les quelques variations qu'elle peut offrir chez ces derniers, mais encore de celle de la figure de la Fauna japonica, et d'après laquelle Bleeker a établi son *M. manazo*. Ces nageoires comparatives sont figurées moitié de leur grandeur naturelle.

Fig. 1.

Mustelus vulgaris. 1re dorsale.

Fig. 2.

Mustelus de Maurice. 1re dorsale.

L'origine de la première dorsale chez notre individu est au niveau de l'angle externe des pectorales; elle s'élève graduellement en une courbe très prononcée et se termine au sommet, en un lobe largement arrondi et dont le bord postérieur descend obliquement, formant une forte échancrure avec le lobe inférieur et terminal; ce dernier est concave en-dessous, et terminé en une pointe relativement peu allongée.

Chez les *M. vulgaris* et *lævis* la première dorsale présente, sauf quelques légères modifications, à peu près la forme d'un triangle isocèle, dont le bord antérieur s'élève obliquement en ligne presque droite en avant; cette nageoire est faiblement arrondie au sommet et le long de son bord postérieur; le bord inférieur et terminal forme un lobe un peu convexe en-dessus, allongé et terminé en une pointe assez longue et plus ou moins relevée.

Fig. 3.

Mustelus vulgaris. 2me dorsale.

Fig. 4.

Mustelus de Maurice. 2me dorsale.

La seconde dorsale chez ces divers mustéliens ressemble beaucoup à la première, si ce n'est qu'elle est plus petite.

Fig. 5.

M. vulgaris. Ventrale.

Fig. 6.

Mutelus de Maurice. Ventrale.

Les ventrales, chez l'individu de Maurice, ont leur angle interne moins allongé, l'externe plus arrondi, et leur bord postérieur coupé presque carrément et par conséquent moins oblique que chez les *M. vulgaris* et *lævis*.

Fig. 7.

M. vulgaris. Anale.

Fig. 8.

Mutelus de Maurice. Anale.

L'anale offre peu de différences entre ces divers poissons.

Fig. 9.

M. vulgaris. Pectorale.

Fig. 10.

Mustulus de Maurice. Pectorale.

Les pectorales chez notre individu sont relativement moins larges que chez les *M. vulgaris* et *lævis ;* ces nageoires ont leur angle externe assez largement arrondi, et sont assez échancrées en arrière. Enfin, quelques légères différences se remarquent encore dans la caudale.

Coloration : Parties supérieures d'un gris uniforme assez foncé; les inférieures blanchâtres; extrémité supérieure de la deuxième dorsale noire; une tache de la même couleur à l'extrémité du lobe supérieur de la caudale dont le lobe inférieur est bordé de blanchâtre, ainsi que les autres nageoires qui le sont à leur bord postérieur.

NOTIDANIDÆ

NOTIDANUS (HEXANCHUS) GRISEUS, Lin.

Méditerranée, Atlantique, Bourbon, — Maurice. Exempl. 1.

SCYLLIIDÆ

GINGLYMOSTOMA CIRRATUM, Müll et Henle.

Antilles, Indes occidentales, — Maurice. Exempl. 1. Long. 1 mètres 40 centimètres.

SPINACIDÆ

ACANTHIAS BLAINVILLII, Risso.

Nice, Lisbonne, Adriatique, Cap de Bonne-Espérance, Nouvelle-Hollande, — Maurice. Exempl. 2. Long. 47 centimètres.

Je joins à cette liste la description d'une Sphyrène, reçue de l'Ile Maurice, que je n'ai pu déterminer avec certitude, faute de matériaux suffisants; mais qui doit probablement se rapporter à l'une des espèces connues, plus quelques remarques, etc., que j'ai faites sur d'autres poissons, lesquelles remarques pourront servir de complément aux descriptions des auteurs.

SPHYRÆNA.

Longueur du bout du museau à l'extrémité de la caudale 1 mètre 15 centimètres. Tête comprise trois fois et demie dans la longueur totale. Œil compris neuf fois dans

la longueur de la tête. Espace entre les deux yeux deux fois leur diamètre. Les dents de la mâchoire supérieure, outre les petites qui bordent les intermaxillaires, sont au nombre de treize du côté droit et onze du côté gauche. La mâchoire inférieure a dix-sept dents du côté droit et seulement dix du côté gauche; cette mâchoire a, en avant, un tubercule conique de treize millimètres de long, avec un diamètre à peu près égal à sa base. Préopercule arrondi. Opercule n'offrant aucune pointe visible; seulement son bord membraneux forme un angle assez saillant et arrondi; la surface de cette membrane présente deux ou trois sillons longitudinaux. Enfin, l'opercule est bordé de noir depuis son sommet jusqu'à l'extrémité de son bord membraneux. Pectorales comprises dix fois dans la longueur totale. Origine des ventrales juste au milieu des pectorales. Première dorsale placée juste au-dessus de la pointe des pectorales.

La ligne latérale, composée d'environ quatre-vingt-dix écailles, est un peu convexe depuis son origine jusque vers la moitié environ de la longueur de la pectorale; elle devient ensuite progressivement concave, et se dirige après en droite ligne, et par la moitié de la hauteur du corps, jusqu'au milieu de la queue, dont les écailles s'avancent jusqu'au milieu des rayons de cette dernière.

D'un bleu noirâtre sur la tête, le dos, et les parties supérieures, se fondant sur les côtes avec l'argenté des parties inférieures. Première dorsale entièrement noire. Deuxième dorsale, anale et caudale également noires et largement bordées de blanc à leur extrémité. Pectorales et ventrales jaunâtres.

Cette Sphyrène se rapprocherait de la *S. Dussumieri*, par la longueur de sa tête, par la coloration de ses nageoires, sauf de celle de sa première dorsale qui est entièrement noire et sans bordure blanche. Elle s'en éloignerait par son opercule sans pointes visibles, par la position plus avancée de ses ventrales et par un nombre moins considérable de dents aux mâchoires. Elle se rapprocherait, d'autre part, de la *S. Commersonii*, par la longueur de ses pectorales, par la position de sa première dorsale, qui est en arrière de l'insertion des ventrales, et s'en éloignerait par la longueur moindre de sa tête, par son œil beaucoup plus petit, par la coloration différente de ses nageoires dorsales, anale et caudale, et par le nombre de ses dents qui n'est pas le même. Enfin, cette Sphyrène présenterait certains rapports avec la *S. picuda* par la longueur de sa tête, par la position de sa première dorsale placée au-dessus de la pointe des

pectorales; elle en différerait par son œil un peu plus petit, par la position plus avancée de ses ventrales, par l'absence de pointes sensibles à l'opercule, par une formule dentaire différente, et enfin par une coloration également différente. Les mœurs carnassières de cette Sphyrène seraient les mêmes que celles de la *S. picuda* et probablement de celles de toutes les espèces du genre. M. de Robillard m'écrit « que c'est un poisson très méchant, qui attaque l'homme et lui fait de fortes blessures. »

SERRANUS ZANANA, C. et V., VAR?

D. 9/14. A. 3/9. V. 1/5.

Longueur du bout du museau à l'extrémité de la caudale 31 centimètres. Tête comprise trois fois dans la longueur totale. Œil compris six fois et demie dans la longueur de la tête. Distance entre les deux yeux, une fois leur diamètre. Distance du bout du museau à l'œil, près de deux fois le diamètre de ce dernier. Bouche grande; la mâchoire inférieure dépassant un peu la supérieure, la bouche étant ouverte. Deux canines de grosseur médiocre en avant de chaque mâchoire; en arrière de celles de la mâchoire supérieure, se trouve un groupe de dents longues et en forte carde; le restant de la dentition est comme chez la plupart des espèces de ce genre. Maxillaire arrondi à son bord inférieur, recouvert de petites écailles sur la moitié de sa partie postérieure. Nageoires dorsale, anale et caudale arrondies à leur extrémité. Origine des ventrales juste sous l'aplomb de celle des pectorales. Ligne latérale très convexe, et suivant la courbe du dos, à une distance de la base de la dorsale équivalant à peu près à un cinquième de la hauteur du corps; cette ligne s'infléchit vers la fin de la dorsale molle, et vient se terminer sur le milieu de la queue.

A en juger par ce qu'il en reste, la couleur générale de ce poisson devait être d'un beau rouge. Des lignes noires assez larges, continues ou interrompues, et souvent de simples gros points à la file les uns des autres et plus ou moins espacés, forment sur le dessus et les côtés de la tête, des dessins variés et semblables des deux côtés de celle-ci. Ces particularités se présentent de la manière suivante : Une ligne de trois points sur le museau. Sur le front deux lignes parallèles s'arrêtant au niveau du bord postérieur de l'œil. Une troisième ligne commençant sur le devant de l'intermaxillaire, un peu en dedans de la canine principale, passe sur la narine, et s'arrête au bord supérieur de l'orbite; cette ligne reparaît au bord postérieur de ce dernier, se continue

assez loin par des points assez espacés, et se confond avec le pointillage des parties supérieures du corps. Une quatrième ligne partant du bout du museau et s'arrêtant au milieu du bord antérieur de l'œil, reparaît au bord opposé de cet organe, où elle se relève en une courbe très prononcée ou en demi-cercle, et vient se terminer, en une suite de quatre points, un peu au-dessus de la pointe supérieure de l'opercule. Une cinquième ligne, partant également du museau, et s'arrêtant au bord inférieur de l'œil, reparaît du côté opposé en ligne fortement concave, et forme avec la précédente, un ovale régulier et ayant une tache noirâtre au centre, sur le haut de la joue; du bord postérieur de cette sorte de cercle partent trois points très espacés et dont le dernier se trouve immédiatement au-dessous de la première épine de l'opercule. Deux autres lignes un peu concaves, et assez rapprochées l'une de l'autre, à leur origine, partent du bord inférieur de l'orbite; la première traversant obliquement la joue et l'opercule, se termine sur l'extrémité postérieure du bord membraneux de cette dernière pièce; la seconde traverse également la joue et vient se terminer vers le bas du sous-opercule. Entre ces deux dernières lignes, et seulement vers le bas; il y en a une autre formée de quatre points espacés. Enfin, une série de cinq points très espacés, et dont le postérieur est sur le haut de l'interopercule, simulent une dernière ligne et bordent le devant de la joue. Les côtés du corps offrent un semis très clair et très irrégulier de petites taches noirâtres; celles du dessus de la tête, de l'occiput à l'origine de la dorsale, sont un peu plus grosses et distribuées en quelque sorte d'une manière régulière.

Cinq grandes taches oblongues, dont le sommet des quatre premières empiète sur la dorsale, tranchent sur le fond par leur couleur d'un noir profond. La première de ces taches, beaucoup moins marquée et cependant assez visible, est placée un peu en avant de la dorsale; la seconde est au niveau des troisième et quatrième rayons; la troisième à celui des sixième, septième et huitième rayons; la quatrième au niveau des premier, deuxième, troisième et quatrième rayons mous de la dorsale; la cinquième est au niveau des neuvième, dixième et onzième de ces mêmes rayons. Enfin, immédiatement après la terminaison de la dorsale et sur le pédicule caudal, est une sixième tache plus petite que les précédentes; cette dernière est suivie d'une septième qui est encore plus petite.

La dorsale molle, l'anale et la caudale ont des points bleus placés régulièrement sur les rayons; il n'y en a pas dans l'intervalle de ces derniers Ces nageoires sont arrondies et finement lisérées de foncé. Les épines de la dorsale sont traversées, à peu près par leur milieu, par une bande brune.

J'ai cru devoir faire connaître ce poisson dans tous ses détails, car s'il ne doit pas constituer une espèce différente du *Serranus zanana*, il en est toutefois une forme remarquable.

PAGRUS FILAMENTOSUS, C. et V.

D. 11/10. A. 3/8. Longueur totale 36 centimètres.

Les deux premiers rayons de la dorsale très courts; le troisième très haut, très comprimé et flexible, présentant sur le côté, près de son bord antérieur qui est arrondi, un petit sillon longitudinal; ce rayon forme, depuis sa base et d'avant en arrière, une courbe fortement convexe jusque vers le milieu de sa hauteur; il se relève ensuite, devient concave, et se termine en un filament, dont le bout atteint la base du troisième rayon de la dorsale molle. La membrane placée derrière le grand rayon est très étroite, et va en diminuant de largeur, ne formant plus qu'une faible bordure le long de la moitié environ de la hauteur du rayon. Enfin, le troisième rayon épineux de la dorsale paraît être isolé des autres, n'étant uni au suivant que par un seul petit point de la base de sa membrane. Le quatrième rayon, de moitié environ moins haut que le troisième, a la même organisation et se comporte de même; les suivants deviennent successivement plus épais, moins arqués, forts, pointus, et s'abaissent les uns sur les autres; leur membrane est plus grande, elle en embrasse la majeure partie, et finit par n'avoir qu'une faible échancrure entre la pointe des rayons.

La forme aplatie et la flexibilité des troisième, quatrième et cinquième rayons, quoique un peu moins accentuées chez ce dernier, leur permet, lorsqu'ils s'abaissent, de se glisser facilement les uns entre les autres et de pouvoir ainsi se cacher dans la rainure formée par les écailles du dos, à peu près comme les lames d'un canif viennent se loger entre les platines du manche de l'instrument.

Les pectorales sont très longues; leur pointe est à peu près sous l'aplomb de la base du neuvième rayon épineux de la dorsale; la base des rayons est recouverte de quelques groupes d'écailles plus petites et d'une forme différente de celles du corps. Les ventrales ont leur premier rayon fort et pointu; le second a un tiers environ de plus que le premier, et se termine en pointe filamenteuse; les suivants diminuent sensiblement de longueur jusqu'au dernier. Les rayons de la caudale sont recouverts d'écailles sur une grande partie de leur longueur; ceux du milieu sont moins écailleux et sur une moins grande étendue.

SYNGNATHUS CONSPICILLATUS, Jenyns.

D. 28-29. A. 5. P. 16. C. 10. Anneaux 17-18. et 35-36.

Longueur du bout du museau à l'extrémité de la caudale, 28 centimètres. Cette

espèce présente de nombreuses variations dans sa coloration. Voici les principales que j'ai remarquées chez trois individus reçus de l'Ile Maurice. Le dessus de la tête, depuis le bord antérieur de l'œil, est orné de lignes très fines, longitudinales, continues ou interrompues et formant quelquefois des anneaux allongés; ces lignes s'arrêtent à l'occiput ou se continuent sur le premier et le second anneau du corps. Des lignes semblables, souvent plus larges et formant les mêmes dessins, se remarquent au-dessus de l'arête longitudinale de l'opercule, et se prolongent jusque sur les côtés des neuf ou dix premiers anneaux du corps. Une bande assez large et sinueuse prend naissance sur le côté de la base du museau: suit le bord inférieur de l'œil et s'arrête vers le milieu de l'opercule; une autre bande de même largeur commence au-dessus du milieu de la précédente, mais sans se confondre avec elle, traverse obliquement le restant de l'opercule, et vient finir sous l'aplomb de l'origine des pectorales. Une ligne plus ou moins interrompue entoure le bord de l'œil. Les trois premiers anneaux du dessous du corps ont sur le milieu une tache rectangulaire à bords faiblement arrondis et allant sensiblement en augmentant de diamètre, de la première à la dernière; cette tache est remplacée sur le quatrième de ces anneaux par deux gros points isolés et placés à côté l'un de l'autre. Chez un individu, les taches sont remplacées sur le premier anneau par des dessins hiéroglyphiques; le second anneau a une tache rectangulaire à son milieu, et un petit point à chacun de ses angles antérieurs; sur son troisième anneau se voient deux gros points semblables à ceux que j'ai signalés sur le quatrième anneau de notre premier individu, mais ils sont moins marqués. Enfin, un troisième exemplaire n'offre plus en dessous qu'une sorte de tache en forme de fer à cheval et peu accentuée sur le premier anneau. Des bandes transversales plus ou moins indiquées, interrompues, et s'arrêtant à la carène latérale, se montrent jusque sur les quatorzième ou quinzième anneaux de la portion caudale, où ils ne forment plus que des sortes de points. Chez deux de ces individus, ces bandes sont remplacées par des lignes de points placés sur le bord dorsal, à l'insertion des anneaux, et correspondant en général à de petites taches ayant la forme d'un × et placées le long de la carène latérale. Toutes ces lignes, ces taches et ces dessins sont d'un brun très foncé ou presque noir. J'ajouterai que la carène de l'opercule, l'intervalle entre les taches et les dessins, ainsi que le dessous des quatre premierrs anneaux du corps sont d'un beau blanc; ces particularités, jointes aux stries et aux petites fossettes dont sont couvertes ces différentes parties, etc., contribuent à faire de cette espèce l'une des plus jolies du genre.

Indes orientales, Zanzibar, Seychelles, Tahiti, Madagascar, Bourbon, Maurice.

Bleeker[1] a décrit et figuré sous les noms d'*Alticus monochrus* et d'*Alti-*

[1] Poissons de Madagascar et de l'Ile de la Réunion, 1874, p. 60-62, pl. 16, fig. 1 et 2.

cus aspilus deux espèces de Salarias rapportées du fleuve Samberano, à Madagascar [1], par MM. Pollen et van Dam. Après avoir décrit l'*Alticus aspilus*, Bleeker ajoute en note : « J'ai hésité à séparer l'espèce actuelle du *monochrus*, en supposant qu'elle pourrait bien n'en représenter que la femelle. Elle se distingue du *monochrus* en ce que des rayons de la partie antérieure de la dorsale, le premier seulement est prolongé en filet, en ce que la dorsale postérieure est plus basse, et que la partie basale de l'anale est jaunâtre et la membrane de la caudale transparente et hyaline. J'y compte aussi un rayon de moins à la pectorale et à la caudale, et deux rayons de moins à l'anale. En attendant que des observations nouvelles décident si ces différences tiennent ou non au sexe, je considère l'individu décrit comme d'une espèce distincte. »

Le Musée de Genève ayant reçu de l'Ile Bourbon, de la part de M. H. de Saussure, un grand nombre d'individus d'une espèce de Salarias se rapportant tout à la fois aux *Alticus monochrus* et *Alticus aspilus* de Bleeker, j'ai pu non seulement m'assurer de leur indentité spécifique avec ces derniers, mais reconnaître encore, comme du reste l'avait supposé cet auteur, que les différences existant entre les *A. monochrus* et *A. aspilus* étaient simplement des différences sexuelles, le dernier n'étant que la femelle du premier.

Les nombreux échantillons de ce Salarias que j'ai pu examiner et comparer entre eux m'ont fourni quelques documents nouveaux que j'ai cru devoir faire connaître, pensant qu'ils pourraient peut-être servir de complément ou de rectification aux descriptions et aux figures qui en ont été données; d'autant plus que celles-ci, n'ayant guère été faites par Bleeker, que d'après un seul individu de l'une et de l'autre de ses espèces à lui, il n'a pu se rendre un compte exact des variations individuelles ou sexuelles qu'elles pouvaient présenter. Voici les quelques remarques que j'ai pu faire sur nos Salarias, que je n'hésite en aucune façon à con-

[1] A la page 74 du même travail, dans l'énumération des espèces de poissons actuellement connues du groupe géographique de Madagascar, Bleeker, signale encore l'existence de l'*Altichus monochrus*, à Bourbon.

sidérer comme des mâles et des femelles de l'*Alticus monochrus* de Bleeker, renvoyant pour le reste aux descriptions détaillées de cet auteur.

Nombre des rayons des nageoires trouvés indifféremment chez les deux sexes.

D. $\frac{13.}{19, 22, 23.}$ A. 26, 27, 28. P. 13, 14 et par exception chez un mâle 15.
V. 1/3. C. 11, 12.

La longueur totale, y compris la queue, des plus grands individus mâles est de 95 millimètres, et celle du rayon le plus long de la dorsale de 28 millimètres, c'est-à-dire près de trois fois la plus grande hauteur du corps. Les rayons diminuent progressivement de longueur, le dernier n'ayant guère plus du quart du premier. Lorsque la dorsale est couchée sur le dos du poisson, elle lui forme comme une sorte de crinière.

Les femelles les plus grandes, la queue comprise, ont environ 85 millimètres de longueur totale, et celle du premier rayon de leur dorsale est d'environ 15 millimètres. Ces mêmes femelles ont une petite crête occipitale, laquelle est à peine visible, ou ne s'aperçoit même pas du tout chez les individus plus jeunes. Enfin, chez des femelles de 65 à 70 millimètres de long et dont la crête occipitale se réduisait à une très faible saillie, j'ai trouvé les ovaires très développés, avec des œufs d'un 0,1 millimètre de diamètre.

La caudale ployée paraît pointue, mais lorsqu'elle est étalée, ses bords sont arrondis; l'inférieur l'est obliquement, ses rayons allant en augmentant du dernier au troisième. Le dernier n'a que le quart environ du quatrième. Le premier rayon supérieur de la caudale a les deux tiers environ du suivant. Bleeker fait mention de cette conformation de la queue dans sa description de l'*Alticus monochrus*, mais il ne l'indique pas dans sa planche, où la queue de ce poisson, ainsi que celle de l'*Alticus aspilus*, sont représentées avec les bords supérieur et inférieur égaux et presque droits.

La coloration générale de ces poissons est d'un brun plus ou moins rougeâtre et violacé, traversé par des lignes blanches verticales et sinueuses ; ces lignes, tantôt isolées et le plus souvent groupées par deux ou par trois, forment de quatorze à seize bandes sur les côtés du corps. Chez la plupart des individus, chacune de ces bandes est surmontée d'une tache de la même couleur, de forme plus ou moins arrondie, au-dessus de laquelle se montrent des lignes également blanches, le plus souvent doubles ou triples, et qui se prolongent obliquement d'avant en arrière, le long des deux tiers environ de la hauteur de la dorsale. Quelques individus n'ont sur les côtés du corps

que des lignes tantôt simples, tantôt irrégulières, tantôt en zigzags ou seulement des taches plus ou moins allongées. Tous ces ornements, qui, chez la majorité des individus, sont bien marqués et se détachent agréablement sur la couleur du fond, sont plus faiblement indiqués chez quelques-uns, ou manquent même totalement chez un petit nombre; c'est probablement à cette dernière variété qu'appartenait l'individu décrit et figuré par Bleeker. Le dessous de la tête et toutes les parties inférieures sont blanchâtres.

Les rayons de la caudale sont de la couleur du corps. Chez le mâle, un large feston de couleur encore plus foncée, entoure celle-ci, de manière que la membrane des six rayons du milieu, qui dans les trois quarts de sa longueur est transparente et hyaline, offre dans son ensemble le dessin d'une sorte de palme du plus joli effet. Bleeker ne parle pas de cette particularité dans son texte, quoiqu'il l'indique sur la figure du *monochrus*, mais pour tous les rayons, tandis qu'il n'y a absolument que les six du milieu qui la présentent chez tous nos individus.

La coloration de la femelle est semblable à celle du mâle, présentant les mêmes ornements et les mêmes variations; mais chez celle-ci l'anale a une bordure blanche à sa base, avec ses rayons bruns et terminés par du blanc. La queue de même forme que celle du mâle; avec ses rayons également bruns, n'a pas de bordure foncée; de sorte que la membrane entre tous les rayons est en entier transparente et hyaline. C'est ainsi, du reste, que l'indique Bleeker chez son *Alticus aspilus*, dont la description comparée à nos individus ne saurait laisser aucun doute sur son identité spécifique avec l'*Alticus monochrus*, et qui, ainsi que les nôtres, ne sont que des femelles de ce dernier.

Les mœurs de l'*Alticus monochrus* paraissent être les mêmes que celles d'une espèce très voisine, le Salarias sauteur, *Alticus saliens*, Lacépède, le *Salarias tridactylus*, de Bloch. Ces petits poissons nagent à la surface des flots et grimpent sur les rochers qui émergent à l'aide de leurs nageoires pectorales et ventrales, et y sautent et y courent avec tant de vélocité qu'on les prendrait pour des petits lézards, aussi est-il assez difficile de s'en emparer. Dès qu'une vague les ramène dans l'eau, ils recommencent à grimper contre les rochers pour s'y livrer à leurs exercices habituels.

Parmi quelques poissons du Cambodge qui m'avaient été confiés par le Musée de Lausanne pour les déterminer, se trouvait une *Nuria* qui

m'a paru assez différente du petit nombre déjà connu des espèces de ce genre, pour m'engager à en donner la description et la figure.

Le genre *Nuria*, créé par Cuvier et Valenciennes, ne renferme en réalité qu'un très petit nombre d'espèces, deux ou trois seulement, dont l'espèce typique, la *Nuria danrica*, Buch, a été décrite sous une huitaine de noms différents, et forment la moitié autant de genres. Les *Nuria*, qui appartiennent à la famille des *Cyprinidæ*, sont des poissons dont les plus grands atteignent à peine une longueur totale de 95 millimètres; ils ont le corps allongé et comprimé; le museau court et obliquement relevé; quatre barbillons labiaux, dont le supérieur est relativement assez court, et l'inférieur plus ou moins long; une dorsale sans rayons épineux placée à l'arrière du corps, au-dessus de l'anale; des pectorales variant de longueur, surtout chez les jeunes; des écailles grandes, et une ligne latérale bien visible, placée très bas.

On a trouvé la *Nuria danrica* dans les marais et les fossés du Bengale, dans le Gange, à Madras, etc. Ces poissons peuvent vivre dans des eaux thermales, le Dr Cumberland en a trouvé à Pooroe (Bengale) dans une source d'eau chaude dont la température à 44 $^1/_2$ degrés centigrades, mais il a observé que ces poissons périssaient si on élevait la température de l'eau à 47 degrés centigrades. Enfin, Reymond en avait remis à Valenciennes des individus qu'il avait rapportés de Ceylan où ces poissons vivent à Cannia dans une source d'eau chaude qui a 40 degrés centigrades. Quant à la seconde espèce, la *Nuria alta*, elle a été décrite par Blyth [1], d'après un individu de 95 millimètres de long et provenant de Tennasserim.

Nuria longimana, G. Lunel.

Pl. fig. 2 à 2d.

D. 8. A. 9. P. 13. V, 8, L. lat. 29. L. transv. $\frac{6.}{1.}\frac{4.}{2.}$

Corps peu élevé, comprimé surtout vers les parties inférieures. Profil du dos régu-

[1] Journ. Asiat. Soc. Beng. 1861, t. XXIX, p. 162.

lièrement convexe de la nuque à l'origine de la dorsale et descendant ensuite en ligne très courbe jusqu'à l'extrémité du corps. Barbillons supérieurs arrivant seulement au milieu de l'œil; et les barbillons inférieurs dépassant sensiblement la fin de l'anale. Second rayon des pectorales très long, atteignant la fin de l'anale, et le troisième rayon au tiers antérieur des ventrales. Ligne latérale interrompue.

Longueur totale du bout du museau à l'origine de la caudale, 68 millimètres. Hauteur du corps, contenue trois fois et un sixième dans la longueur de ce dernier, et, à l'origine de la caudale, la hauteur du corps n'a plus que la moitié de la longueur de la tête.

Épaisseur du corps, la moitié de la longueur de la tête, et, à l'origine de la caudale, cette épaisseur n'a plus que le septième de cette même longueur.

La longueur de la tête est contenue quatre fois et trois quarts environ dans celle du corps, et sa hauteur à la nuque sept fois environ.

L'œil est contenu quatre fois dans la longueur de la tête; la distance entre le bout du museau et l'œil équivaut au diamètre de ce dernier, et l'espace entre les deux yeux a une fois et demie leur diamètre. Bout du museau comprimé et relevé. Bouche fendue obliquement; mâchoire inférieure dépassant la supérieure, la bouche étant ouverte.

Les barbillons supérieurs arrivant au milieu de l'œil, ils sont terminés par un petit renflement arrondi (fig. 2[a]), les barbillons inférieurs sont très longs, dépassant sensiblement la fin de l'anale; ils sont terminés en pointe et sans renflement.

Le profil, depuis le museau, forme une ligne presque droite et un peu oblique jusqu'en avant de la nuque, où cette ligne est un peu concave; elle se relève ensuite en une courbe régulièrement convexe jusqu'à la dorsale, à la fin de laquelle elle se recourbe fortement et descend obliquement jusqu'à l'extrémité du corps; de sorte que la ligne inférieure de ce dernier est très concave vers les parties postérieures. La forme comprimée et arquée de ce poisson lui donne, dans son ensemble, une certaine ressemblance avec des crustacés du genre *penæus*.

La dorsale est placée à l'arrière du corps, à un peu moins à peu près des deux tiers de la longueur de ce celui-ci; elle a huit rayons, dont trois simples et les autres rameux, mais tous articulés. L'origine de l'anale est sous l'aplomb du cinquième rayon de la dorsale; elle a neuf rayons, dont les trois premiers sont simples, les autres fortement rameux, tous articulés, les deux derniers sont réunis à leur base.

Les pectorales (fig. 2[b]) sont placées très bas; elles ont treize rayons : D'abord, un premier rayon simple, des deux tiers environ de la longueur de la tête, et intimement accolé sur le devant du deuxième rayon qui est le plus long; ce dernier, qui est simple jusqu'au niveau de l'extrémité du précédent, devient fortement articulé, à partir de ce point, prend un peu plus de largeur, devient convexe jusqu'au niveau du milieu de la

dorsale; il se relève ensuite en une courbe un peu concave et se prolonge sous la forme d'un filament, toujours articulé, et dont le bout atteint la fin de l'anale; le troisième rayon, qui est le plus long après le second, et à pointe un peu filamenteuse, arrive au premier tiers environ des ventrales; les autres rayons sont fortement rameux; les trois derniers sont petits non rameux, quoique articulés, et vont en diminuant de longueur [1]. Les ventrales ont un rayon simple et sept rameux; tous ces rayons sont articulés. Enfin la caudale a dix-neuf rayons principaux, tous articulés; ceux du milieu sont fortement branchus; cette nageoire est relativement grande et échancrée.

Les écailles (fig. 2^d) sont grandes, minces, recouvertes de stries concentriques extrêmement fines; elles sont traversées par quelques rayons ou canalicules qui convergent vers le centre de l'écaille, au second tiers environ de la longueur de celle-ci; les bords des écailles sont arrondis et sans festons.

La ligne latérale (fig. 2^c), très visible et placée très bas, a son origine vers le haut de la pectorale, descend en ligne fortement concave, atteint le quart inférieur de la hauteur du corps et se continue en suivant la courbe du ventre jusqu'à l'aplomb de la terminaison de l'anale; cette ligne reprend ensuite sur une rangée d'écailles plus haut [2] et vient se terminer à l'origine de la caudale, au tiers environ de la hauteur de cette dernière. Les écailles de la ligne latérale, au nombre de vingt-neuf, ont leur tubule long, occupant la plus grande partie de l'écaille.

Chez ce poisson, conservé dans l'esprit-de-vin, la joue et les pièces operculaires brillent de l'éclat de l'argent le plus vif. Le dos est d'un brun verdâtre, s'éclaircissant sur les côtés par de l'argenté; les parties inférieures sont d'un blanc tirant faiblement au rougeâtre. Une bande peu accentuée noirâtre, ou d'un bleu foncé, s'étend depuis le haut de l'opercule jusqu'à l'extrémité des rayons du milieu de la caudale; cette dernière, ainsi que la dorsale, sont nuancées de grisâtre; quelques petits points pigmentaires noirs existent au-dessus de l'origine des pectorales.

[1] Aucun des auteurs que j'ai pu consulter ne fait mention de la conformation particulière des pectorales chez les *Nuria;* ils disent seulement que ces organes arrivent plus ou moins près des ventrales. Valenciennes. Poiss. 1842, t. XVI, p. 239, nous apprend que chez la *Nuria thermoicos* (N. *danrica*, Buch) et dont il donne une figure, pl. 472 : « La pectorale est large, assez petite, à bord coupé en faulx et dont la pointe supérieure, qui est longue, dépasse l'insertion de la ventrale. » M. le Dr Gunther, Cat. of the fishes in the brit. Museum, 1868, vol. VII, p. 200, dit que, chez la *Nuriæ danrica*, la pectorale est plutôt plus longue que la tête; il ajoute « que ce poisson est sujet à de considérables variations dans les différentes parties de son corps. La différence dans la longueur de ses pectorales est très remarquable, lesquelles dans les jeunes exemplaires sont deux fois et même plus aussi longues que la tête, tandis que, chez les vieux spécimens, elle sont comparativement beaucoup plus courtes. »

[2] Chez les poissons en général à ligne latérale interrompue, cette ligne reprend au contraire plus bas.

La *Nuria longimana*, outre quelques particularités plus ou moins importantes, diffère essentiellement des *Nuria danrica* et *alta;* par la forme générale et arquée de son corps; par deux rayons de plus à son anale; par sa ligne latérale qui est interrompue et placée encore plus bas; par le deuxième rayon de ses pectorales, lequel s'étend jusqu'à la fin de l'anale, et le troisième jusqu'au premier tiers des ventrales; tandis que chez les *Nuria danrica* et *alta*, le plus long rayon des pectorales atteint seulement ou ne dépasse que fort peu l'origine des ventrales. Enfin, chez la *Nuria danrica*, le barbillon inférieur atteint ou à peu près l'origine des ventrales; tandis que chez notre *nuria* ce même barbillon est beaucoup plus long et s'étend jusqu'à la fin de l'anale qu'elle dépasse même un peu; cette dernière particularité lui donnerait certain rapport avec la *Nuria alta*, chez laquelle, d'après Blyth, le long barbillon atteindrait plus qu'à l'anale; mais, outre les différences que j'ai déjà signalées qui peuvent exister entre la *Nuria longimana* et la *Nuria alta*, j'ajouterai que chez la première le corps est moins élevé que chez cette dernière.

Osphromenus microlepis, Günther.

Il y avait encore, parmi ces poissons du Musée de Lausanne, deux exemplaires en tout semblables d'un Osphromène qui m'a paru se rapporter à l'espèce décrite par M. Günther[1] sous le nom d'*Osphromenus microlepis*, et provenant également des eaux douces du Cambodge. Cependant, ayant trouvé chez nos individus quelques différences assez notables avec ce dernier, particulièrement dans la présence d'un rayon épineux de plus à leur dorsale, dans leur mode de coloration et peut-être dans la longueur du premier rayon de leur ventrale, cette longueur n'étant pas précisément indiquée dans la description du *microlepis*, j'ai cru devoir faire connaître ces poissons, avec l'espoir de pouvoir ajouter quelques documents de plus à l'histoire de cette espèce.

[1] Loc. cit. 1861, t. III, p. 385.

D. $\frac{4}{9-10}$ A. $\frac{10-11.}{37-39.}$ P. 9. L. lat. 65-70 ? L. tr. $\frac{12.}{22.}$

Corps élevé, très comprimé, surtout à sa partie inférieure, dont l'épaisseur est tellement mince qu'elle se confond presque avec celle de la nageoire anale.

Longueur totale du museau à l'origine de la caudale 68 millimètres. La hauteur du corps vers l'origine de la dorsale est comprise deux fois et un peu moins d'un cinquième dans la longueur totale, et à l'origine de la caudale cette hauteur y est réduite d'un peu plus des trois quarts. La plus grande épaisseur du corps est sur le dos, à peine le onzième de la longueur de celui-ci ; et, à l'origine de la caudale, cette épaisseur n'y est plus que le seizième. La longueur de la tête a les deux septièmes de celle du corps, et sa largeur à la nuque n'y est pas tout à fait d'un huitième. Le museau est un peu comprimé et arrondi au bout, légèrement convexe en dessus jusqu'à l'œil ; le profil de la tête est un peu concave au-dessus de cet organe, et se relève en ligne convexe sur la nuque. La bouche est petite, fendue obliquement et protractile ; la mâchoire inférieure avance plus que l'autre ; le bord des mâchoires est garni de dents très fines. Le museau est plus avancé que chez l'*Osphromenus olfax*, ce qui donne à nos individus une forme de tête plus allongée. L'œil est contenu trois fois et demie dans la longueur de la tête et se trouve placé à une fois son diamètre du bout du museau au bord antérieur de l'orbite. L'espace entre les deux yeux équivaut à une fois et demie leur diamètre. Les narines s'ouvrent sur les côtés du haut de la tête, à égale distance entre le bout du museau et le bord antérieur de l'orbite ; la première est fermée par une petite valvule membraneuse ; la seconde, assez éloignée de la première, est un trou rond assez grand. Ces organes sont placés au milieu d'un petit enfoncement nu, allongé, arrondi en avant, et dont la partie postérieure, immédiatement après l'ouverture de la seconde narine, se rétrécit, prend la forme d'un petit canal ou gouttière qui échancre le bord antéro-supérieur de l'orbite et arrive jusqu'à l'œil. Sous-orbitaire de forme triangulaire, avec son bord inférieur dentelé ; tout le bord inférieur du préopercule, jusqu'à la pièce angulaire de la mâchoire inférieure auquel il est attaché, est dentelé. La moitié du bord inférieur du sousopercule, ainsi que la moitié environ du même bord de l'interopercule, sont également dentelés ; sur ce dernier, il y a une rangée de cinq écailles à peu près rectangulaires, au devant desquelles il s'en trouve encore deux ou trois fort petites, et en grande partie cachées par les dentelures du bord inférieur du préopercule. Toutes les parties de la tête, sauf le bord des mâchoires, sont recouvertes d'écailles. La ligne convexe de la nuque se continue en une courbe régulière jusqu'à la dorsale et descend ensuite, en ligne également courbe, mais un peu

plus droite, jusqu'à la caudale ; la ligne du ventre est à peu près comme celle du dos.

La nageoire dorsale a quatre rayons épineux : neuf mous chez l'un des individus et dix chez l'autre. Cette nageoire, placée au milieu de la distance entre le bout du museau et l'origine de la caudale, a ses épines médiocrement fortes, et la quatrième mesure à peu près les deux tiers de la longueur de la tête.

L'anale commence sous l'aplomb de l'origine des pectorales ; cette nageoire forme une courbe très convexe et se termine immédiatement à la naissance de la caudale ; elle a dix rayons épineux et trente-sept mous chez l'un, onze épineux, et trente-neuf mous chez l'autre.

Les pectorales sont longues et pointues, leur cinquième rayon étant le plus long. Ces rayons sont profondément divisés jusqu'au tiers supérieur de leur longueur. Cette nageoire a juste la longueur de la tête ; elle atteint la base du treizième rayon mou de l'anale, et à peu près la fin de la dorsale.

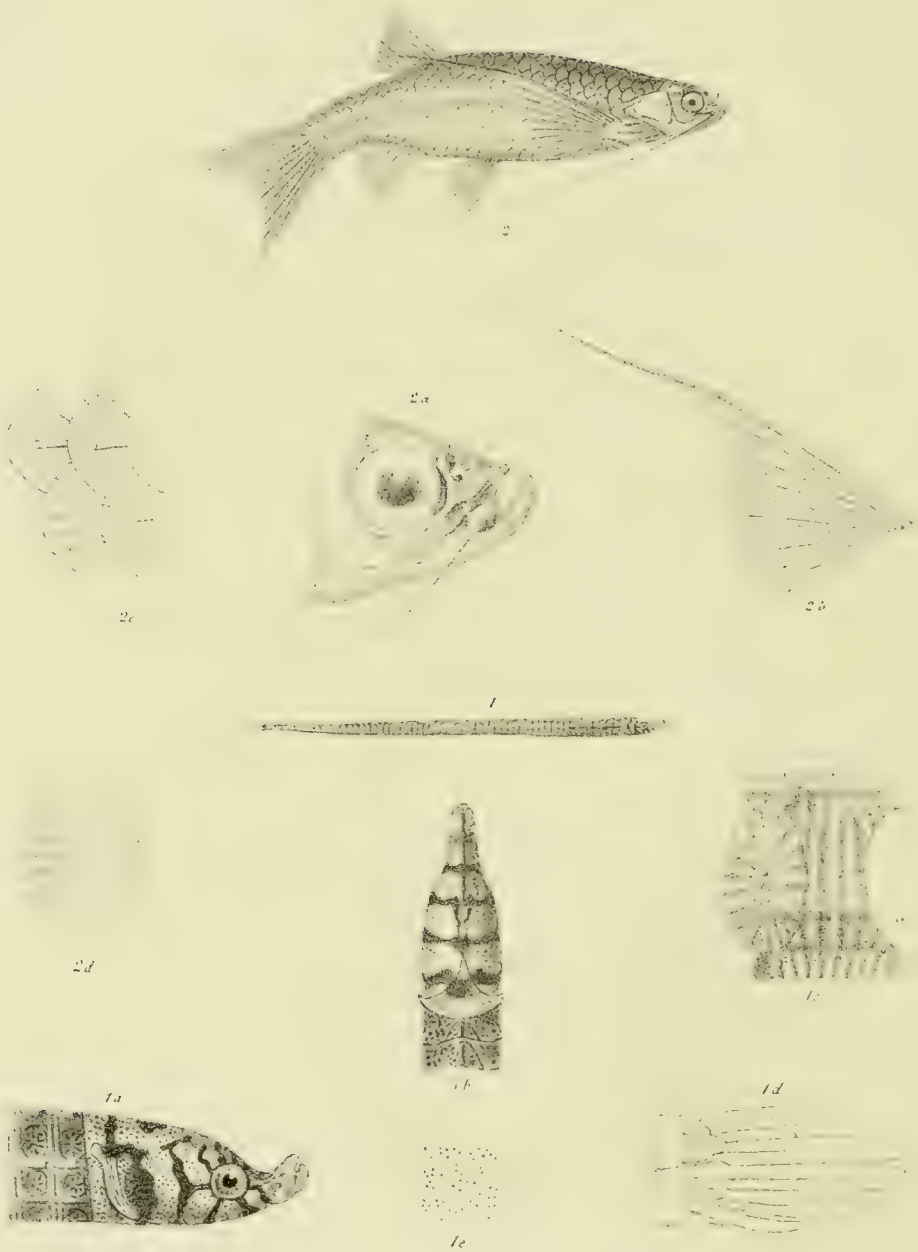
Le long filament des ventrales dépasse de moitié moins un treizième juste la longueur totale du poisson, y compris la caudale. Un rudiment de premier rayon se remarque accolé en avant, sur la base du long filament, lequel est suivi de trois autres rayons simples, diminuant de longueur, et dont le premier est de la longueur seulement du diamètre de l'œil. La caudale est échancrée et composée de seize rayons principaux ; cette nageoire est garnie d'écailles jusqu'au tiers environ de sa longueur. La base de la dorsale est également pourvue d'écailles ; enfin celles du ventre s'étendent sur toute la partie épineuse de l'anale chez l'un de nos individus, et recouvrent toute cette nageoire, sauf l'extrémité de ses rayons chez l'autre.

Les écailles, chez cet Osphromène, sont fort jolies et varient dans leur dimension suivant les différentes parties du corps ; elles sont plus grandes sur les parties antérieures que sur les postérieures ; celles qui recouvrent l'opercule sont les plus grandes. Les écailles du corps sont arrondies et à peu près aussi longues que larges ; leur bord basilaire est droit et festonné : ces festons sont formés par un nombre environ de douze à quinze canalicules ou sillons, qui divergent du centre au bord de l'écaille ; la partie découverte de l'écaille est garnie de lignes concentriques très fines, et le bord libre très visiblement cilié.

La ligne latérale fortement convexe, depuis son origine jusque sous l'aplomb environ du milieu de la dorsale, où elle devient alors fortement concave, se relève ensuite en une courbe assez prononcée jusque vers l'extrémité du pédicule caudal et se dirige enfin, en une ligne à peu près droite, jusqu'à l'extrémité de la partie garnie d'écailles de la caudale. Les écailles de la ligne latérale, au nombre de 65 à 70, autant que j'ai pu les compter, ont leur tubule cylindrique relativement gros, long, et un peu courbe :

ils occupent en entier la longueur de la partie découverte de l'écaille. Ces tubules conservent à peu près leur même dimension jusqu'au dernier. On remarque, de chaque côté du-dessus de la tête, trois petits trous ou pores placés en demi-cercle à égale distance les uns des autres, et dont le premier est au niveau de l'ouverture de la seconde narine.

Dessus et côtés de la tête, jusqu'au niveau de l'œil, d'un gris verdâtre assez foncé. Dos et haut du corps de la même couleur. Bas de la tête, poitrine et toutes les parties inférieures argentées. Les nageoires sont unicolores, un peu teintées de brunâtre, mais sans points ni taches. La base des pectorales est noire.



A. Lunel del & lith.

Imp. F. Noverraz & Fils, Geneve

Fig 1. PENETOPTERIX taeniocephalus, *C. Lunel*

Fig 2. NURIA longimana, *C. Lunel*.

EXPLICATION DE LA PLANCHE.

Fig. 1. *Penctopteryx tæniocephalus*, G. Lunel. Grandeur naturelle.
1 *a*. Tête vue de profil, très grossie.
1 *b*. Tête vue en-dessous, très grossie.
1 *c*. Plaque des côtés du corps, très grossie.
1 *d*. Nageoire caudale, très grossie.
1 *e*. Morceau de peau des côtés du corps, vue à la lumière réfléchie, pour montrer les taches de pigment.
Fig. 2. *Nuria longimana*, G. Lunel. Grandeur naturelle.
2 *a*. Tête de la même, grossie.
2 *b*. Nageoire pectorale, grossie.
2 *c*. Écailles de la ligne latérale, grossies.
2 *d*. Écaille des côtés du corps, grossie.

NOUVELLES RECHERCHES

SUR LES

PIPÉRACÉES

PAR

M. C. DE CANDOLLE, Dr PHIL.

I

Quelques espèces nouvelles ou peu connues du genre PEPEROMIA

Depuis la publication de mon article sur les Pipéracées qui a paru en 1869 dans le tome XVI du Prodromus, un nombre considérable de nouvelles espèces ont été décrites soit par moi-même soit par d'autres auteurs dont les écrits se trouvent disséminés dans divers recueils périodiques [1]. En outre, les herbiers d'Europe ont reçu plusieurs collections riches en Pipéracées, parmi lesquelles il en est assurément beaucoup qui ne sauraient être rapportées aux types connus. Aussi m'a-t-il semblé

[1] Voici, par ordre de dates, la liste des ouvrages dans lesquels il a été décrit des Pipéracées, depuis la publication du tome XVI du Prodromus. Lemaire, *Illustr. hortic.*, v. 15, tab. 598. — Linden et André, *Illustr. hortic* , v. 17, p. 135; v. 19, p. 16. — Van Heurck et Müller, *Observat. bot. fasc.*, 1. — Baker, *Saund Ref.*, v. 5, pars 1. — Miquel, *Arch. Neerl.*, v. 6, liv. 2. — C. de Candolle, *Piper. nov., Linnæa neu. folg.*, v. 3. — S. Henschen, Études sur le genre Peperomia, *Nov. Act. reg. Soc. Ups. ser.*, 3, v. 8. — Wawra, *Piperaceæ Sandw.*, Flora 1875. — Baker et Balfour, *f. Journ. of Linn. Soc.*, v. 16. — Regel, *Plant. divers. in hort. bot. imp. cult. descr.*, 1879, p. 7.

que le moment était venu de procéder à une nouvelle revision générale de cette famille. Ce travail est déjà passablement avancé, mais toutefois, comme il nécessitera encore d'assez longues recherches, je voudrais, sans différer davantage, faire connaître quelques espèces nouvelles appartenant au genre Peperomia dont je me suis jusqu'ici plus spécialement occupé. Tel est le but principal de ce premier mémoire qui est purement descriptif, mais que j'espère être bientôt à même de compléter dans une seconde étude plus approfondie et dans laquelle seront traitées diverses questions de morphologie. Je profite, en même temps, de l'occasion présente pour publier aussi plusieurs planches se rapportant à quelques-unes des espèces que j'ai autrefois décrites dans le Prodromus ainsi que dans le journal *Linnæa*; en choisissant de préférence celles du Mexique et du Vénézuéla, moins connues que celles du Brésil.

Quant aux espèces nouvelles dont il sera question ici, elles se répartissent de la manière suivante entre l'Amérique tropicale et les Antilles. Quatre d'entre elles ont été découvertes au Paraguay par M. Balansa, une au Mexique par Bourgeau; enfin les deux dernières, de beaucoup les plus intéressantes, ont été recueillies l'une à la Guadeloupe par M. L'Herminier et l'autre à la Martinique par M. Hahn.

Bien que ces types divers soient trop peu nombreux pour représenter complètement toutes les nuances de forme que comprend le genre Peperomia, je les ai néanmoins classés systématiquement de manière à rapprocher les uns des autres ceux qui se ressemblent le plus, en ayant surtout égard, pour cela, à la disposition des feuilles.

Enfin il ne sera pas inutile de rappeler que mes descriptions, de même que les figures qui les accompagnent, ne se rapportent, en fait, qu'aux échantillons d'herbier sur lesquels les espèces ont été fondées et nullement à des plantes vivantes. Cette remarque n'est pas sans importance, car ainsi que l'a fort judicieusement observé M. Henschen[1] et comme je

[1] *Études sur le genre Peperomia*, p. 5.

Pendant son séjour prolongé à Caldas dans la province de Minas-Geraës, M. Henschen a eu l'occasion d'observer un grand nombre de Peperomia dans leur pays natal. Il s'est appliqué à les décrire

l'ai, à mon tour, plus d'une fois constaté, les Peperomia changent complètement d'apparence pendant la dessiccation, qui a souvent pour effet d'altérer non seulement la consistance mais jusqu'à la forme même de leurs feuilles; tandis qu'elle fait ressortir et accentue d'autres caractères, importants, tels que ceux relatifs à la nervation.

Je vais maintenant passer successivement en revue les divers types qui ont fait l'objet de mes recherches. De courts commentaires suffiront pour ceux qui ont déjà été publiés et dont les diagnoses se trouvent tout au long dans des écrits que j'aurai soin de citer. Par contre je décrirai en détail toutes les espèces nouvelles [1].

1. Peperomia pseudo-Dindygulensis, Sp. nov.

P. foliis longiuscule petiolatis utrinque adpresse pilosis ciliatisque, 5-nerviis, inferioribus et medianis a basi cuneata obovatis apice rotundatis, supremis minoribus a basi acuta ellipticis apice obtusis acutiusculisve; amentis axillaribus terminalibusque pedunculatis, folia pluries superantibus, bractea suboblongo-rotundata; ovario emerso ovato, bacca elliptico-subglobosa.

Habitat in Paraguay, prope Santa-Barbara, ubi in silvis humidis (Balansa, n° 2626 in h. DC.).

Herba caules inferne radicantes ramosos hirtellos ad 40 cent. altos agens. Folia omnia opposita, jugis tamen interdum quasi in verticillos condensatis. Limbi exsiccati

d'après les plantes vivantes, joignant à ses descriptions plusieurs planches détaillées et il a ainsi, dans une large mesure, contribué à faire connaître ce genre difficile.

Les études faites sur le vivant ont, il faut le reconnaître, une très grande importance au point de vue morphologique, mais si l'on considère, cependant, que la presque totalité des espèces décrites ne sont encore connues que par des échantillons d'herbier on admettra, sans peine, qu'il est bien difficile de déterminer avec précision les Peperomia vivants, si l'on ne prend soin de les examiner aussi sur le sec, afin de les comparer dans cet état avec les descriptions ou, mieux encore, avec les échantillons typiques.

[1] Dans toutes les planches qui accompagnent ce mémoire, la fig. 1 représente, en grandeur naturelle, l'échantillon d'après lequel l'espèce a été décrite, ou tout au moins une portion de cet échantillon. Pour les autres figures, le grossissement est indiqué dans l'explication de chaque planche, par la lettre *g* suivie du chiffre correspondant.

membranacei nigrescentes opaci subtus crebre et minute nigro-punctulati, ad 4 $^1/_2$ cent. longi et ad 28 mill. lati. Petioli ad 1 $^1/_2$ cent. longi. Pedunculi hirtelli ad 2 $^1/_2$ cent. longi. Amenta ipsa glabra ad 14 cent. longa, vix 1 mill. crassa. Ovarium rugulosum, oblique stigmatiferum. Stigma carnosulum papillosulumque. Bacca 1 mill. paullo brevior.

Species *Pep. Dindygulensi Miq.* indicæ atque *Pep. Langsdorffii Miq.* brasiliensi proxima.

Le nom donné à cette plante du Paraguay est destiné à indiquer sa ressemblance avec le *Pep. Dindygulensis* de l'Inde qu'elle rappelle par la disposition et la forme de ses feuilles. Elle s'en distingue néanmoins visiblement par la plus grande longueur de ses chatons, sa pubescence plus abondante et surtout par l'insertion oblique du stigmate. Quant au *P. Langsdorffii*, bien qu'il présente souvent quelques feuilles alternes vers le sommet de ses axes, il rentre pourtant dans la catégorie des espèces à feuilles opposées, mais il diffère de l'espèce dont il s'agit ici par ses feuilles un peu plus étroites, de forme plutôt rhomboïdale, moins obtuses et pourvues de trois nervures seulement.

Planche I. Fig. 1, échantillon n° 2626 de Balansa. Fig. 2, ovaire, $g=10$. Fig. 3, portion de feuille, $g=2$.

2. Peperomia radicans, Sp. nov.

P. foliis modice petiolatis, utrinque dense hirsutis, subrhombeo-ellipticis ellipticisve, basi acutis apice obtusis acutiusculisve, 3-nerviis nervis tenuissimis ; amentis axillaribus terminalibusque et modice pedunculatis, folia pluries superantibus, ovario emerso obovato, bacca ovato-elliptica.

Habitat in Paraguay prope Assumption, ubi ad vias umbrosas (Balansa, n° 2312 in h. DC.).

Herba dense hirsuta, exsiccata flavicans. Caules a rhizomate erecti, simplices, teretes. Folia opposita, ultimis exceptis sæpe ternatis. Limbi exsiccati membranacei pellucidi evenulosi, ad 2 cent. longi et ad 1 $^1/_2$ lati. Petioli 3-5 mill. longi. Pedunculi

hirtelli circ. 1 cent longi. Amenta ipsa glabra, ad 12 cent. longa et 1 mill. crassa. Bacca 1 mill. brevior, lævis.

Species Pep. increscentis Miq. proxima.

Sans doute très voisine du *Pep. increscens* Miq. qui croît au Brésil, l'espèce dont il s'agit ici, en diffère par ses tiges non ramifiées, ses feuilles dépourvues de vénules ainsi que de glandules noires et dont la nervation se réduit à trois nervures à peine visibles par transparence.

D'autre part la plante brésilienne décrite et figurée par M. Henschen[1], sous le nom de *Pep. increscens* Miq. diffère du *Pep. radicans* par ses feuilles plus grandes (dont les limbes atteignent une longueur de 3 centimètres) à nervures plus accentuées et accompagnées de vénules, ainsi que par ses chatons plus courts et par la couleur noirâtre qu'elle présente à l'état sec.

Enfin on peut aussi signaler certaines ressemblances entre le *Pep. radicans* et les *Pep. Camptothrica* Miq. du Mexique et *Pep. tomentosa* Miq. des îles de la Sonde, mais ces deux espèces ont des feuilles disposées en verticilles au moins ternaires.

Planche II. Fig. 1, échantillon n° 2312 de Balansa. Fig. 2, ovaire g=10.

3. Peperomia Fendleriana, C. DC.

(in Prodr., v. 16, sect. 1, p. 460).

Plante du Vénézuéla, décrite dans le Prodromus d'après deux échantillons recueillis à Tovar par Fendler et portant les numéros 1174 et 1175. C'est une des nombreuses espèces chez lesquelles le stigmate rudi-

[1] *Études sur le genre Peperomia*, p 38, tab. 4, fig. 1. Après avoir comparé attentivement la description ainsi que la figure fournies par M. Henschen avec la description que Miquel a donnée de son *Pep. increscens*, l'assimilation de ces deux plantes ne me semble pas complètement justifiée. En tout cas c'est une question que je crois devoir soumettre à un examen plus approfondi.

mentaire se réduit à une simple tache noirâtre munie de rares papilles microscopiques et située sur le sommet oblique de l'ovaire. Ses jeunes rameaux sont couverts de poils rétrorses, ce qui constitue un caractère peu fréquent dans le genre Peperomia.

Planche III. Fig. 1, échantillon n° 1174 de Fendler. Fig. 2, extrémité d'un rameau. Fig. 3, portion du même rameau de grandeur double. Fig. 4, fleur avec sa bractée, g=10. Fig. 5, ovaire vu sous un plus fort grossissement.

4. Peperomia diffusa, C. DC.

(in Prodr., v. 16, sect. 1, p. 395.)

De même que la précédente, cette espèce croît à Tovar dans l'État de Vénézuéla. Mais elle appartient au petit nombre de celles dont l'ovaire se prolonge en un style terminé par le stigmate. Ce dernier est formé d'une petite masse charnue et glabre. Il est aussi à remarquer que l'ovaire à l'état adulte se trouve inséré au fond d'une profonde dépression du rhachis.

Planche IV. Fig. 1, échantillon portant le n° 1178 de Fendler décrit dans le Prodromus. Fig. 2, portion de chaton, g=8. Fig. 3, ovaire vu sous un grossissement plus fort.

5. Peperomia linearis, C. DC.

(in Seem. Journ., 1866, p. 145, in Prodr. l. c. p. 463.)

Longtemps après avoir publié cette espèce dans le *Journal of botany* et après l'avoir décrite de nouveau dans le Prodromus, j'ai eu l'occasion de voir, soit au British Museum, soit au Museum d'Histoire naturelle de Paris, des échantillons authentiques du *Piper filiforme Sw.*, dont Miquel a fait son *Peperomia Swartziana*. Ils ressemblent tellement à mon *Peperomia linearis*, que je n'hésiterais pas à supprimer cette espèce en la con-

sidérant comme synonyme du *Peperomia Swartziana*, si la description que Swartz donne de son *Piper filiforme* ainsi que les détails de la planche qu'il lui consacre ne s'opposaient à cette assimilation. Il le décrit, en effet, comme ayant un ovaire et une baie oblongs, tandis que chez le *Peperomia linearis* le jeune ovaire ainsi que la baie mûre ont une forme ovoïde bien différente de celle représentée dans la figure du *P. filiforme*. Toutefois je dois relever ce détail que les échantillons cités tout à l'heure, ont des feuilles oblongues et obtuses parfaitement semblables à celles de mon *Pep. linearis*, tandis que la plante figurée par Swartz porte des feuilles ovales et acuminées. D'où l'on pourrait inférer que ce serait à tort que cette figure aurait été attribuée par l'auteur lui-même à son *P. filiforme* auquel pourrait alors fort bien se rapporter le *Pep. linearis*. Il est à noter, cependant, que ce dernier vient du Vénézuéla, tandis que le *P. filiforme* Sw., soit le *Peperomia Swartziana* Miq., est de la Jamaïque d'où il n'a pas été, il est vrai, rapporté par les voyageurs plus modernes.

Planche V. Fig. 1, échantillon portant le n° 1176 de Fendler, décrit dans le *Prodromus*. Fig. 2, feuille, $g=2\ ^1/_2$. Fig. 3 et 4, ovaire vu de face et de profil, $g=20$.

6. Peperomia Bourgeaui, C. DC.

(in Linn. n. f. v. 3, p. 370.)

Espèce mexicaine, décrite d'après un échantillon (n° 3230) rapporté par Bourgeau de la région d'Orizaba. Elle est assez voisine du *Pep. pseudo-dependens* que j'ai publié dans le Prodromus; mais elle s'en distingue suffisamment par la forme moins arrondie de ses feuilles, ainsi que par l'abondante pubescence qui revêt leurs deux faces. Elle présente, au surplus, un caractère très rare chez les Peperomia et qui consiste en ce que le rhachis des chatons est velu.

Planche VI. Fig. 11, échantillon portant le n° 3230 de Bourgeau, extrémité de la tige. Fig. 2, portion de feuille, fortement grossie. Fig. 3, fragment de chaton, $g=8$. Fig. 4, ovaire, $g=10$. Fig. 5, ovaire plus âgé, $g=10$.

7. Peperomia villosa, C. DC.

(in Seem. Journ., l. c. p. 135; in Prodr., v. 16, sect. 1, p. 401.)

Cette plante fait partie du groupe, relativement peu nombreux, des espèces à feuilles alternes chez lesquelles l'ovaire dépourvu de style est cependant muni d'un stigmate tout à fait terminal. Ce Peperomia croît dans les forêts des Andes de Quito, d'où il a été rapporté par Jameson, sous le n° 44.

Planche VII. Fig. 1, échantillon de Jameson, portant le n° 44 dans l'herbier du *Prodromus*. Fig. 2, portion de feuille agrandie. Fig. 3, ovaire avec les étamines, $g=10$.

8. Peperomia petiolaris, C. DC.

(in Seem. Journ., l. c. p. 138; in Prodr., v. 16, sect. 1, p. 314.)

Espèce appartenant au groupe le plus nombreux, qui est celui des espèces à feuilles alternes et à stigmate inséré obliquement un peu au-dessous du sommet de l'ovaire. Elle se reconnaît néanmoins facilement à la grande longueur de ses pétioles qui, à l'état adulte, sont plus longs que les limbes. La première description que j'en ai donnée dans le *Journal of botany*, correspond à un échantillon de Cuba, le n° 2261 de Wright; mais, bientôt après, je l'ai également reconnue dans une plante de l'herbier de Berlin, recueillie par Hoffmann à Costa-Rica et citée dans le Prodromus.

Planche VIII. Fig. 1, échantillon portant le n° 2261 de Wright. Fig. 2, portion de chaton, indiquant le degré d'écartement des fleurs, $g=8$. Fig. 3, ovaire avec les étamines, $g=10$.

9. Peperomia San-Carlosiana, C. DC.

(in Seem. Journ., l. c., p. 138; in Prodr., l. c., p. 412.)

Voisine de la précédente, cette espèce du Vénézuéla s'en distingue cependant par plusieurs caractères fort visibles, tels que la consistance de ses tiges qui, à l'état sec, forment une lame translucide, et la plus grande dimension de ses feuilles dont les pétioles sont notablement plus minces que la tige, ce qui n'est pas le cas chez le *Pep. petiolaris.*

Planche IX. Fig. 1, échantillon de Fendler, n° 115. Fig. 2, portion de chaton, g=8. Fig. 3, ovaire, g=10. Fig. 4, baie.

10. Peperomia Balansana, Sp. nov.

P. foliis modice petiolatis, cordato-rotundatis, utrinque glabris, 7-plinerviis, nervis 5 a basi et 2 fere a medio solutis; amentis axillaribus terminalibusque densifloris folia fere duplo-superantibus; ovario emerso subobovato, lævi, apice imo stigmatifero; bacca ovato-acuta.

Habitat in Paraguay ad Villa-rica, secus fluminum ripas humidas (Balansa n° 2309 in h. DC.)

Herba glabra, caule in sicco complanato-membranaceo, ad 5 mill. crasso. Limbi exsiccati tenuiter membranacei pellucidi, venulosi, 3-4 cent. longi, 2 $^1/_2$-3 cent. lati. Petioli 1 $^1/_2$-2 cent. longi. Pedunculi circ. 1 $^1/_2$ cent. longi. Amenta ipsa ad 2 $^1/_2$ mill. crassa. Bractea orbiculata vel elliptica. Stigma carnosulum papillosulumque.

Le *Peperomia rufescens* du Pérou, décrit dans le Prodromus, se rapproche assez de cette nouvelle espèce, par son port et la forme générale de ses feuilles, mais il en diffère par ses chatons beaucoup plus charnus, son ovaire globuleux, enfin par l'insertion oblique du stigmate. Les *Pep.*

Gardneriana Miq. et *Pep. Serpentarioides* Miq., tous deux du Brésil, ont bien, comme le *Pep. Balansana*, des feuilles à limbe arrondi et cordé à la base, mais le nombre des nervures y dépasse cinq sans parler d'autres caractères distinctifs fournis par les courts pédoncules du *Pep. Gardneriana* et l'ovaire à sommet aplati du *Pep. Serpentarioides.*

Planche X. Fig. 1, échantillon de Balansa. Fig. 2 et 3, bractées des deux formes décrites, $g=10$. Fig. 4, ovaire et étamines vues sous le même grossissement, *s* stigmate.

11. Peperomia Barbarana, Sp. nov.

P. foliis longiuscule petiolatis, ovatis basi rotundatis apice acutiusculis obtusisve, utrinque glabris, 5-nerviis; amentis terminalibus axillaribusque folia pluries superantibus, filiformibus haud densiflоris; ovario emerso, adulto apice et basi contracto; stigmate terminali papillosulo.

Habitat in Paraguay, in silvis ad Santa-Barbara (Balansa n° 2311 in h. DC) et ad Caaguazu (Balansa n° 2307 in h. DC).

Herba erecta glabra, circ. 25 cent. alta, ramosa ramis circ. 4 mill. crassis. Limbi exsiccati tenuiter membranacei, pellucidi, virescentes, venulosi, ad 3 cent. longi, ad 2 cent. lati. Petioli ad 1 $^1/_2$ cent. longi. Pedunculi petiolis adultis circ. duplo-longiores. Amenta ipsa circ. 1 mill. crassa. Bractea orbiculata. Bacca ovato-acuta, laevis, 1 mill. longa.

Par son port, la forme de ses feuilles et l'insertion apicale du stigmate, cette plante du Paraguay ressemble au Pep. laxiflora Kunth qui croît à la Nouvelle Grenade. Mais chez cette dernière espèce, les chatons sont opposés aux feuilles qui elles-mêmes ont de plus grandes dimensions et sont obtuses au sommet.

Planche XI. Fig. 1, échantillon portant le n° 2311 de Balansa. Fig. 2, fleur avec sa bractée, $g=10$. Fig. 3, ovaire plus âgé.

12. Peperomia Carlosiana, C. DC.

(in Seem Journ., l. c., p. 140; in Prodr., v. 16, sect. 1, p. 408.)

Récoltée par Fendler dans la même localité que le *Pep. San-Carlosiana*, dont il a été précédemment question, cette plante en diffère à première vue par la forme et par la nervation de ses feuilles, qui sont, en outre, abondamment couvertes de glandules noires.

Elle lui ressemble, il est vrai, par ses pétioles beaucoup plus grêles que la tige, mais celle-ci, à l'état sec, offre une consistance coriace et non membraneuse comme celle du *Pep. San-Carlosiana*. Enfin l'ovaire légèrement et obliquement déprimé au sommet, semble dépourvu de stigmate, à moins que celui-ci ne soit tout à fait rudimentaire, et ne se confonde avec quelqu'une des taches noires dont l'ovaire est parsemé.

Planche XII. Fig. 1, échantillon de Fendler, n° 1148. Fig. 2, fragment de chaton, $g=8$. Fig. 3, extrémité d'une feuille notablement grossie. Fig. 4, fleur, $g=10$.

13. Peperomia petrophila, C. DC.

(in Linn. n. f. v. 3, p. 369.)

Ainsi que je l'ai indiqué en la décrivant dans le Journal *Linnæa*, cette plante mexicaine (des environs de Mirador) doit être classée dans le voisinage du *Pep. nigro-punctata* Miq. Elle en diffère, pourtant, soit par ses feuilles condensées, dont les insertions sont plus tard nettement accusées par les renflements corticaux des rameaux rigides et coriaces, soit par la forme sphérique de la baie dont la partie basilaire est enfoncée dans le rhachis. Les renflements qui marquent les cicatrices foliaires font aussi ressembler cette plante au *Pep. margaritifera* Hook, qui s'en distingue,

d'ailleurs, radicalement, par ses chatons groupés en cymes axillaires et par d'autres caractères.

Planche XIII. Fig. 1, échantillon de Liebmann portant le n° 100. Fig. 2, feuille isolée un peu agrandie. Fig. 3, fragment de chaton fructifère, $g=8$. Fig. 4, ovaire, $g=10$.

14. Peperomia Herminieri, Sp. nov.

P. foliis modice petiolatis oblongo-ovatis basi ima acutis apice acute acuminatis, utrinque adpresse hirtellis et nigropunctulatis, 5-nerviis; amentis oppositifoliis folia vix superantibus, bractea ovato-acuta, flore adulto cum bracteæ basi rhachi tumida breviter stipitato; ovario oblongo obtuso, stigmate inconspicuo, bacca globosa glanduloso-hirtella.

Habitat in Guadaloupa (L'Herminier in h. Boiss. et DC.).

Truncos muscosos scandens, ramulis junioribus hirtellis, ad 3 mill. crassis. Limbi exsiccati membranacei, ad 6 $^1/_2$ cent. longi, ad 3 $^1/_2$ cent. lati. Nervi 3 centrales subtus conspicui, laterales subtiliores. Petioli ad 12 mill., plerunque 6-8 mill. longi. Pedunculi petiolis paulo longiores. Amenta ipsa crassitudine 1 mill. parum excedentia. Rhachis per anthesin sub flore tumescens, unde flos cum bractea breviter stipitatus. Stigma inconspicuum, an omnino deficiens?

La description précédente et, mieux encore, la planche qui lui correspond, montrent que cette plante présente, dans son inflorescence, un caractère qui n'avait pas encore été observé dans le genre Peperomia. Ce caractère que l'on verra s'accentuer encore davantage dans l'espèce suivante, consiste en une adhérence marquée entre la fleur et sa bractée, qui à l'état adulte se trouvent être l'une et l'autre insérées sur une émergence du rhachis. Tandis que chez un grand nombre de Peperomia, telles par exemple que le *Pep. diffusa* (Pl. IV), l'accroissement secondaire du rhachis a lieu seulement entre les fleurs qui finissent par être implantées dans une dépression souvent très profonde et constituant une véritable alvéole, ici cet accroissement a lieu au-dessous de l'insertion même de la fleur et de sa bractée, pendant que le tissu interfloral conserve son

épaisseur primitive. En examinant la région terminale des jeunes chatons, il est aisé de constater que l'adhérence entre la fleur et la base de sa bractée n'est qu'un résultat tardif du développement ultérieur de l'axe d'inflorescence.

Planche XIV. Fig. 1, échantillon de l'Herminier. Fig. 2, portion de chaton, $g=8$. Fig. 3, jeune fleur, $g=$env. 8. Fig. 4, coupe longitudinale d'une bractée. Fig. 5, portion apicale d'une feuille, $g=2$. Fig. 6, jeune rameau et portion basilaire d'une feuille, $g=2$.

15. Peperomia bracteiflora, Sp. nov.

P. foliis breviter petiolatis utrinque adpresse hirsutis et nigro-punctulatis, 5-nerviis, inferioribus ovatis vel rotundato-ovatis, superioribus oblongo-ovatis basi rotundatis apice breviter acuminatis acumine obtusiusculo; amentis apice ramulorum oppositifoliis cum pedunculis folia fere duplo-superantibus; floribus adultis cum bractea rhachi producto pedicellatis, bractea ovato-rotundata, ovario obovato-subgloboso stigmate nullo; bacca globosa puberula.

Habitat in insula Martinique, loco *Forêt du cocoyer* dicto (Hahn n° 647 in h. DC).

Repens aut scandens? caule ad 3 mill. crasso glabro, ramulis rigidis in juventute pilosulis. Limbi exsiccati membranacei, inferiores ad 3 $^1/_2$ cent. lati, superiores ad 4 cent. longi, ad 2 $^1/_2$ cent. lati. Petioli ad 5 mill. longi. Pedunculi hirtelli petiolis æquilongi. Amenta ipsa exsiccata ad 2 mill. inter flores crassa, ad 8 cent. longa.

Ici la soudure entre la fleur et sa bractée est bien plus complète que dans l'espèce précédente; du moins à l'état adulte, car il va de soi que les jeunes fleurs naissent sur le rhachis et sont primitivement indépendantes, ainsi qu'il est aisé de s'en assurer par l'examen de la partie supérieure de chaque chaton. Plus tard la région du rhachis sur laquelle s'insèrent la bractée et la fleur, devient le siège d'un accroissement secondaire, ce qui donne lieu à la formation d'un pédicelle commun à ces deux organes et assez allongé pour communiquer à l'inflorescence l'aspect d'un chaton de noyer. Il suffit de jeter les yeux sur la planche XV pour être frappé

de cette ressemblance. Mais ce n'est là qu'une simple analogie; car chez la plante dont il est ici question, de même que chez la précédente, la structure de la fleur proprement dite, réduite à deux étamines situées de droite et de gauche d'un ovaire unique uniovulé, à ovule orthotrope, ainsi que la structure anatomique de la tige consistant en faisceaux fibro-vasculaires épars, sont entièrement conformes à la structure florale et à la structure anatomique de toutes les autres espèces du genre Peperomia.

Planche XV. Fig. 1, échantillon de Hahn. Fig. 2, portion apicale de la face supérieure d'une feuille grossie. Fig. 3, portion basilaire de la face inférieure d'une feuille et jeune rameau, deux fois de la grandeur naturelle. Fig 4, fragment de chaton adulte, *a* baie, *b* extrémité de la bractée. Fig. 5, ovaire et étamines, $g=10$. Fig. 6, bractée encore jeune et non encore adhérente à la fleur, également grossie dix fois.

TABLE GÉNÉRALE

DES

MATIÈRES CONTENUES DANS LE VINGT-SEPTIÈME VOLUME

	Pages	Nombre de planches
Rapport du Président de la Société pour l'année 1879, par M. le professeur L. Soret	I	—
Tableau des membres de la Société au 1er juillet 1880	XXVII	—
Bulletin bibliographique. Liste des ouvrages reçus par la Société pendant l'année 1879	XXXIII	—
Rapport du Président de la Société pour l'année 1880, par M. Philippe Plantamour	I	—
Bulletin bibliographique. Liste des ouvrages reçus par la Société pendant l'année 1880	XXV	—
Choix de Mousses exotiques nouvelles ou mal connues, par J.-E. Duby.	1	3
Nouveau mode de discussion de la propagation du mouvement dans un milieu élastique, par M. C. Cellérier	11	—
Monographie des Échinides contenus dans les couches nummulitiques de l'Égypte, par M. P. de Loriol	59	11
Observations limnimétriques faites à Genève, de 1806 à 1880, résumées par M. le professeur E. Plantamour	149	—
Recherches sur Saturne, ses anneaux et ses satellites, par M. Wilhelm Meyer, astronome-adjoint	205	—
Mélanges ichthyologiques, par M. Godefroy Lunel	267	1
Nouvelles recherches sur les Pipéracées, par M. C. de Candolle, Dr phil.	305	15

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES AUTEURS

ET DES MATIÈRES CONTENUES DANS LE VINGT-SEPTIÈME VOLUME

B

Pages

Bulletin bibliographique 1879.... XXXIII
» » 1880..... XXV

C

De Candolle, Casimir. Nouvelles recherches sur les Pipéracées 305
Cellérier, C. Nouveau mode de discussion de la propagation du mouvement dans un milieu élastique 11

D

Duby, J.-E. Choix de mousses exotiques nouvelles ou mal connues 1

E

Échinides contenus dans les couches nummulitiques de l'Égypte, par M. P. de Loriol..... 59

L

De Loriol, P. Monographie des Échinides contenus dans les couches nummulitiques de l'Egypte..... 59
Luxel, Godefroy. Mélanges ichthyologiques..... 267

M

Mélanges ichthyologiques, par M. G. Lunel 267
Meyer, Wilhelm. Recherches sur Saturne, ses anneaux et ses satellites 205
Mousses exotiques nouvelles ou mal connues, par M. J.-E. Duby..... 1

O

Observations limnimétriques faites à Genève, de 1806 à 1880, résumées par M. le professeur E. Plantamour 149

P

Pipéracées, nouvelles recherches, par M. C. de Candolle 305
Plantamour, Émile. Observations limnimétriques faites à Genève de 1806 à 1880 149
Plantamour, Philippe. Rapport sur les travaux de la Société pour l'année 1880. I
Propagation du mouvement dans un milieu élastique, nouveau mode de discussion, par M. C. Cellérier. 11

R

Rapport sur les travaux de la Société pour l'année 1879, par M. le professeur L. Soret I
Rapport sur les travaux de la Société pour l'année 1880, par M. Philippe Plantamour I
Recherches sur Saturne, ses anneaux et ses satellites, par M. Wilhelm Meyer. 205

S

Soret, L. Rapport sur les travaux de la Société pour l'année 1879. . . . I

T

Tableau des membres de la Société au 1er juillet 1880. XXVII

TABLE DES ESPÈCES

		Pages.	Planches
Peperomia.	Balansana	313	10
»	Barbarana	314	11
»	Bourgeaui	311	6
»	bracteiflora	317	15
»	Carlosiana	315	12
»	diffusa	310	4
	Fendleriana	309	3
»	Herminieri	316	14
»	linearis	310	5
»	petiolaris	312	8
	petrophila	315	13
»	pseudo-Dindygulensis	307	1
»	radicans	308	2
»	San-Carlosiana	313	9
	villosa	312	7

P. pseudo-dindygulensis. C.DC.

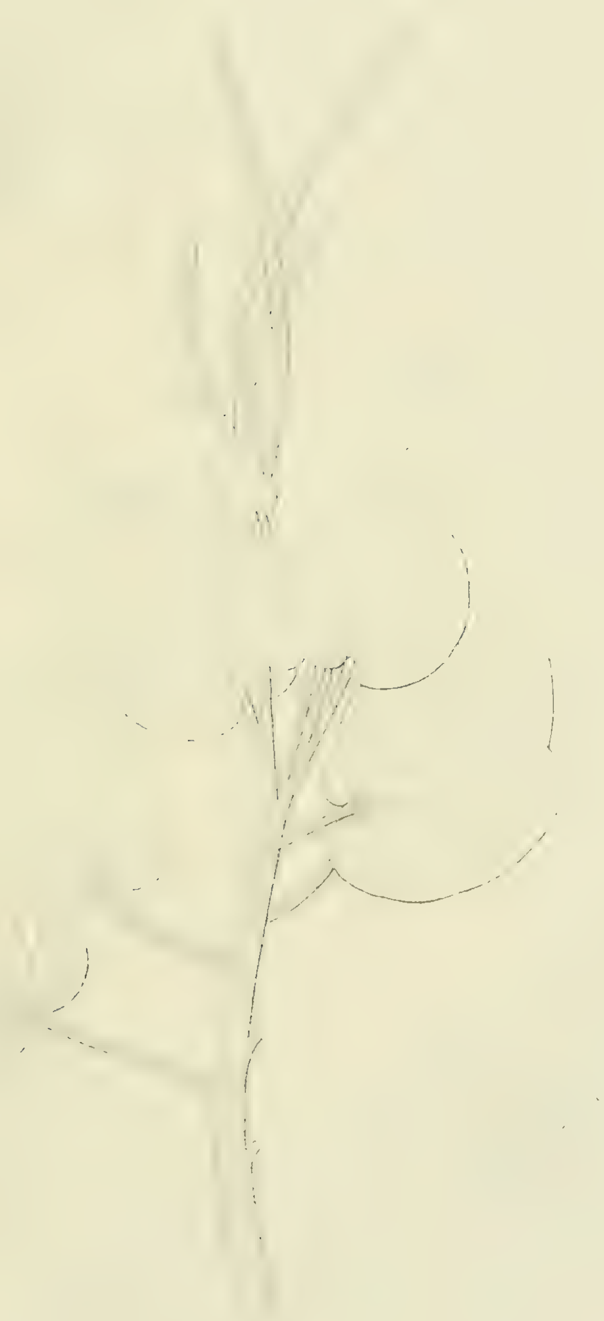
P. radicans. C DC.

P. Fendleriana . C. DC.

diffusa

P. linearis . c DC.

P. Bourgeaui, C.DC.



A Lunel del et lith

Imp F Noirmas & Em Jenser

P. villosa C DC

P. petiolaris. C DC.

P. San-Carlosiana, C.DC.

A. Lunel del. & lith.

Imp. F. Noverraz & Fils, Genève

P. Balansana. C.DC.

P. Barbarana. C.DC.

P. Carlosiana, C.DC.

A. Lunel. del et lith

Imp. F. Noverraz & Cie. Genève

P. petrophila . C.DC

P. Herminieri . C DC.

P. bracteiflora C.DC.

New York Botanical Garden Library
3 5185 00288 7576

DEC. 69
N. MANCHESTER, INDIANA